



STEFY CRYSSÉ SILVA DE MATOS

**APLICAÇÃO DO CICLO PDCA PARA REDUÇÃO DA PERDA
DE EXTRATO NA FILTRAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA
CERVEJEIRA**

São Luís
2022

STEFY CRYSSSE SILVA DE MATOS

**APLICAÇÃO DO CICLO PDCA PARA REDUÇÃO DA PERDA
DE EXTRATO NA FILTRAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA
CERVEJEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado de Curso da Engenharia Química do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Jose Roberto Pereira Rodrigues

São Luís
2022

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

SILVA DE MATOS, STEFRY CRYSSE.
APLICAÇÃO DO CICLO PDCA PARA REDUÇÃO DA PERDA
DE EXTRATO NA FILTRAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA
CERVEJEIRA / STEFRYCRYSSE SILVA DE MATOS. - 2022.
61 f.

Orientador(a): JOSE ROBERTO PEREIRA RODRIGUES.
Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Maranhão,
SÃO LUÍS - MARANHÃO, 2022.

1. Cerveja. 2. Otimização de processos. 3. Perda de Extrato. 4. Solução
de problemas. I. PEREIRA RODRIGUES, JOSE ROBERTO. II. Título.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. JOSE ROBERTO PEREIRA RODRIGUES
Orientador – COEQ/CCET/UFMA

Prof. Dr. MARCELO FÁBIO LEONARDO
COEQI/UFMA

Eng. VIVIAN GABRIELLE SILVA CORRÊA
ANALISTA SÊNIOR/WHIRLPOOL

04 de agosto de 2022

DADOS CURRICULARES

Nome completo do autor

NASCIMENTO 06/01/1995 – SANTA INÊS / MA

FILIAÇÃO Francisca Silva de Matos
Sebastião Alves Matos

2016/2022 Curso de Graduação
Engenharia Química - Universidade Federal do Maranhão

Dedico este trabalho a minha mãe, que sempre acreditou que é possível vencer e inspirar pessoas por meio da educação independente da classe social que se ocupe.

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo agradeço a Deus por me dar forças para enfrentar momentos difíceis e seguir em frente, por me guiar no caminho da verdade, pois ele sempre soube, quando nem eu mesma sabia, o que é melhor para mim.

Ao meu orientador, professor Dr. Jose Roberto Pereira Rodrigues, por todo o suporte dado durante a execução deste trabalho, muitas vezes indo além do suporte acadêmico por meio dos conselhos palavras de ânimo para que eu seguisse.

A toda equipe docente e demais colaboradores da UFMA, pelos ensinamentos prestados e pela contribuição ao longo de todos estes anos de graduação. Sem dúvidas formadores não somente de profissionais de excelência, como também de profissionais humanos.

Aos meus amigos e especialistas em processo cervejeiro Eloi e Dani, que me dedicaram toda a atenção e suporte necessário para que este trabalho corroborasse a realidade com a máxima riqueza de detalhes possível.

Aos meus pais, Francisca e Sebastião, pelo amor incondicional que sempre me fez ter a certeza de que teria um lar para voltar quando precisasse. Agradeço em especial a minha mãe, que apesar de todas as dificuldades nunca colocou minha educação em questão e sempre lutou para me suportar até este dia chegar.

Á minha irmã Crissia e a minha sobrinha Maysa, que sempre se fizeram presentes como peças fundamentais suportando a mim por meio do cuidado e amor sem medidas que entregaram diariamente a nossa família em minha ausência. Amo nossa família!

Aos meus avós Luiza e Sebastião, maiores e melhores exemplos de caráter, dedicação e integridade que eu poderia ter.

“Sonhe grande, pois ter sonhos grandes dão o mesmo trabalho dos sonhos pequenos”

Jorge Paulo Lemann

SILVA DE MATOS, Stefry Crysse. **Aplicação do ciclo PDCA para redução da Perda de Extrato na área de adegas em uma indústria cervejeira do Maranhão.** 2022. 61f. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Química do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2022.

RESUMO

Em uma Economia cada dia mais competitiva e no mercado onde o ativo mais importante, o tempo, está cada vez mais escasso, olhar com atenção para a redução de custos, dos desperdícios e para a agilidade em solução de problemas, têm se tornado itens indispensáveis para uma empresa se manter competitiva no mercado e aumentar a sua lucratividade. Na indústria de bebidas, o cenário não é diferente, a aplicação de metodologias de melhoria contínua tem comprovado sua eficácia na otimização de processos por meio de um modelo de gestão mais direcional e assertivo. O que tem permitido identificar problemas nos processos, tratar e gerar aprendizados de forma ágil. A perda de extrato em uma indústria de bebidas consiste na perda do fluido cervejeiro em alguma etapa do processo. Dado que a competitividade de uma indústria de bebidas é medida pela capacidade de volume que consegue entregar ao mercado, a perda de extrato afeta toda a cadeia produtiva em cascata. Inclusive, na remuneração variável da operação, um benefício oferecido à operação da planta proporcional ao atingimento de oito indicadores pré-definidos. Assim, o presente trabalho possui como objetivo geral, avaliar a aplicabilidade prática do ciclo PDCA, ferramenta de melhoria contínua, para redução da perda de extrato (IPE) na área de filtração em uma indústria cervejeira, analisando a evolução de indicadores estratégicos da problemática. Para tanto foi abordada uma metodologia quantitativa neste estudo de caso, e para possibilitar o entendimento da problemática o Método PDCA juntamente com as ferramentas qualidade foram utilizadas. Com a execução do plano de ação, observou-se uma redução de 18% no indicador, superando a meta em 13%, saindo de um cenário de IPE média no último trimestre de 2021 igual a 5,67 para 4,15 no primeiro trimestre de 2022. Concluiu-se que as alterações na forma de gerir o indicador por meio da capacitação técnica surtiram resultados positivos, ao passo que o cumprimento das boas práticas operacionais apresentou relação direta com o índice de perda de extrato, comprovando a importância das mesmas para a companhia.

Palavras-chave: Cerveja. Perda de Extrato. Otimização de processos. Solução de problemas

SILVA DE MATOS, S. C. **PDCA cycle to reduce extract loss in the area of wineries in a brewery of Maranhão.** 2022. 61f. Graduate Work (Graduate in Chemical Engineering) – Course Conclusion Work of Chemical Engineering of the Exact Sciences and Technology Center of the Federal University of Maranhão, São Luís, 2022.

ABSTRACT

In a competitive economy and in an increasingly important market, time, increasingly expensive, with attention to cost reduction and looking for agility in problems, have become more and more problem solutions for a company to remain competitive in the market and increase your profitability. In industry, the scenario is no different, says the methodology of continuous improvement by its application of a method of optimization of a model of directional and operating processes. Which has allowed identifying problems in the processes, treating and generating learning in an agile way. Extract loss in a beverage industry is the loss of brewing fluid at some stage of the process. Since reaching the chain of a beverage industry is measured by the volume capacity it delivers to the market, the chain loss affected to the entire cascade productivity. Including eight operation variables, an additional benefit to the plant operation provided by eight presets. Thus, the present work as a general objective, to evaluate the practical applicability of the PDCA cycle, a continuous improvement tool, to reduce the extraction loss (IPE) in the filtration area in a brewery, analyzing the evolution of strategic problems. For that, a mathematical methodology was approached in this case study, and to enable the understanding of the problem, the PDCA Method together with the quality tools used. With the implementation of the action plan, there was an 18% reduction in the indicator, exceeding the target by 15%, moving from an average IPE scenario in the last quarter of 2021 equal to 5.67 to 4.15 in the first quarter de 2022. The direct relationship with the extension loss rate, proving their importance for the company.

Keywords: Beer. Extract loss. Process optimization. Problems solving.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas do Ciclo PDCA	17
Figura 2 – Etapas do Ciclo PDCA e ferramentas de Controle de Qualidade associadas	21
Figura 3 – Simbologias do Diagrama de Processos	22
Figura 4 – Diagrama de Ishikawa	24
Figura 5 – Gráfico de Pareto	25
Figura 6 – Histograma	26
Figura 7 – Correlação positiva em um diagrama de dispersão	27
Figura 8 – Correlação negativa em um diagrama de dispersão	27
Figura 9 – Correlação nula em um diagrama de dispersão	28
Figura 10 – 5W2H	28
Figura 11 – Fluxo de perda de extrato em um processo qualquer	30
Figura 12 – Fluxograma do processo produtivo de cerveja	31
Figura 13 – Modelo ilustrativo do processo de filtração	32
Figura 14 – Modelo ilustrativo do processo de filtração na indústria	33
Figura 15 – Esquema meio filtrante do filtro de placas horizontais	34
Figura 16 – Filtro de placas horizontais	35
Figura 17 – Resultados da unidade em 2021	38
Figura 18 – Fechamento da Remuneração Variável da operação 2021	39
Figura 19 – Índice de perda de extrato em 2021	40
Figura 20 - Caminho da cerveja na filtração	41
Figura 21 – Aderência aos GOPs no último trimestre de 2021	42
Figura 22 – Gráfico de Pareto com trechos com maior número de IPE	43
Figura 23 – Diagrama de Causa e Efeito na filtração	44
Figura 24 – 5Porques para baixo volume de ciclo	46
Figura 25 - Comparação evolução da perda de extrato 2021 x 2022	47
Figura 26 – Pílulas de Conhecimento em campo	48
Figura 27 – Diagrama de dispersão Tempo de fervura pelo volume de ciclo médio	48
Figura 28 – Diagrama de dispersão momento de recolha pelo volume de ciclo médio	49
Figura 29 - Histograma momento de recolha e volume de ciclo	50
Figura 30 – Histograma momento de recolha e volume de ciclo	50
Figura 31 – Percentual de execução dos GOPs pelo percentual de IPE	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados de IPE de 2021	40
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

GOP	Boas Práticas Operacionais (Good Operational Practices)
IPE	Índice de Perda de Extrato
PDCA	Planejar, Executar, Checar, Agir (Plan, Do, Check, Ac)
5W2H	O que, quando, onde, quem, por que, como (What, When, Where, Who, Why, How).
6M	Material, Máquina, Mão de obra, Medida, Meio Ambiente, Método.
IFF	Tanque de início e final de filtração
TBP	Produtividade de mão de obra total
ETC	Energia Total Comprada
SAC	Índice de reclamações do consumidor
IC	Índice de controle
IV	Índice de verificação
PVPP	Polímero com origem na vinilpirrolidona, que atua comumente na remoção dos polifenóis de bebidas.
PCM	Purffer de cerveja maturada
PCF	Purffer de cerveja filtrada
TP	Tanque de pressão
Dosimat	Equipamento dosador de adjuntos
Cerveja Ale	Cervejas mais incorporadas, maltadas e alcoólicas

LISTA DE SÍMBOLOS

P°

SUMÁRIO

	FOLHA DE APROVAÇÃO.....	ii
	DADOS CURRICULARES.....	ii
	DEDICATÓRIA.....	iv
	AGRADECIMENTOS.....	v
	EPÍGRAFE.....	vi
	RESUMO.....	vii
	ABSTRACT.....	viii
	LISTA DE FIGURAS.....	ix
	LISTA DE TABELAS.....	x
	LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	xi
	LISTA DE SÍMBOLOS.....	xii
	SUMÁRIO.....	xiii
1	INTRODUÇÃO.....	14
2	OBJETIVOS.....	15
2.1	Objetivo geral.....	15
2.2	Objetivos específicos.....	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
3.1	O Ciclo PDCA e a aplicabilidade na solução de problemas.....	16
3.1.1	Etapa de Planejamento (Plan).....	17
3.1.2	Etapa de Execução (Do)	18
3.1.3	Etapa de verificação (Check)	19
3.1.4	Etapa de Ação (Act)	20
3.2	Índice de Controle (IC) e Índice de Verificação (IV).....	20
3.3	Ferramentas da Qualidade.....	21
3.3.1	Fluxograma.....	22
3.3.2	Diagrama de Causa e Efeito.....	23
3.3.3	Gráfico de Pareto.....	24
3.3.4	Histograma.....	26
3.3.5	Diagrama de Dispersão.....	26
3.3.6	5W2H.....	28

3.3.8	5 Porquês.....	29
3.4	Índice de Perda de Extrato (IPE).....	29
3.5	Processo Cervejeiro.....	30
3.6	Filtração.....	32
3.7	Filtro de Placas Horizontais.....	34
4	METODOLOGIA.....	35
4.1	Classificação da Pesquisa.....	35
4.2	Descrição da empresa.....	36
4.3	Coleta e análise de dados.....	36
4.4	Etapas do desenvolvimento.....	37
5	DESENVOLVIMENTO.....	38
5.1	Plan: Identificação do problema.....	38
5.5	Plan: Análise do problema.....	41
6	RESULTADOS E DISCURSSÕES.....	46
6.1	Evolução da Perda de Extrato.....	47
7	CONCLUSÕES.....	51
	REFERÊNCIAS.....	53

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento deste trabalho auxiliará na avaliação da eficiência da aplicabilidade do ciclo PDCA para a redução de perdas na indústria. Sabe-se, que em uma Economia cada dia mais competitiva e em um mercado onde o ativo mais importante, o tempo, está cada vez mais escasso, olhar com atenção para a redução de custos, dos desperdícios e para a agilidade em solução de problemas, têm se tornado itens indispensáveis para uma empresa se manter competitiva no mercado e aumentar a sua lucratividade.

Na indústria de bebidas, o cenário não é diferente, a aplicação de metodologias de melhoria contínua tem comprovado sua eficácia na otimização de processos por meio de um modelo de gestão mais direcional e assertivo, o que tem permitido identificar problemas nos processos, tratar e gerar aprendizados de forma ágil.

A perda de extrato (IPE) em uma indústria de bebidas consiste na perda do fluido cervejeiro em alguma etapa do processo. Dado que a competitividade de uma indústria de bebidas é medida pela capacidade de volume que consegue entregar ao mercado, a perda de extrato afeta toda a cadeia produtiva em cascata. Inclusive, na remuneração variável da operação, um bônus financeiro pago aos colaboradores de forma proporcional ao atingimento de oito indicadores da planta: perda de extrato, energia total comprada (ETC), SAC, consumo de água, sensory, produtividade e TBP.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a aplicabilidade prática do ciclo PDCA, para redução da perda de extrato na área de filtração em uma indústria cervejeira, analisando o comportamento de indicadores estratégicos e o engajamento do time operacional na problemática.

2.2 Objetivos específicos

- Conceituar o ciclo PDCA, detalhando as fases que o compõem e a aplicabilidade de cada uma na solução de problemas.
- Descrever as principais características da perda de extrato.
- Analisar a eficiência da aplicabilidade prática do ciclo PDCA por meio da redução de 5% no índice de perda de extrato na etapa de filtração da cerveja.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 O Ciclo PDCA e sua aplicabilidade na solução de problemas

Em 31 de dezembro de 2019 a Organização Mundial da Saúde (OMS) tomou ciência sobre um surto coletivo de casos de pneumonia na cidade de Wuhan, pequena província de Hubei na China e, não muito distante, em janeiro de 2020, declarou que o surto de um novo vírus, o Corona vírus, causador do surto de pneumonia em Wuhan, configurava uma emergência de Saúde Pública de Importância Internacional (ESPII). Ao longo de toda a história, essa foi a sexta vez que uma ESPII foi declarada e segundo dados de maio de 2022 da OMS, a COVID-19 infelizmente ceifou 6.287.117 vidas em todo o mundo.

Panoramas como o descrito acima, ainda que em diferentes proporções, têm o poder de desestabilizar sociedades em níveis irreparáveis e a pandemia da COVID-19 trouxe consigo um grave cenário de crise socioeconômica tratado por autoridades, economistas e pesquisadores como cenário de guerra ou cenário similar devido, entre outras razões, às perdas socioeconômicas catastróficas cuja intensidade não era enfrentada pela humanidade há muito tempo (NICOLELIS, 2020).

Entender o cenário aqui descrito é de suma importância para se entender o porquê da importância do ciclo PDCA na história da economia e modelos de gestão modernos. Pois, é sabido que o amadurecimento da consciência de inovação para solução de problemas é uma forma de superar períodos de crise (SANTOS, 2021, p.1117).

A introdução do ciclo PDCA surgiu nos Estados Unidos após a Segunda Guerra Mundial com o estatístico americano Walter Andrew Shewhart, na década de 20, também conhecida como “anos loucos”, anos marcados por uma série de rupturas que provocaram várias transformações sociais. Foi nesta época, por exemplo, que as mulheres deixaram seus espartilhos de lado e passaram a usar seus cabelos curtos, foi aqui também que o cinema passou a ser uma atividade rotineira de lazer para a maioria dos americanos (ANDRADE; 2013).

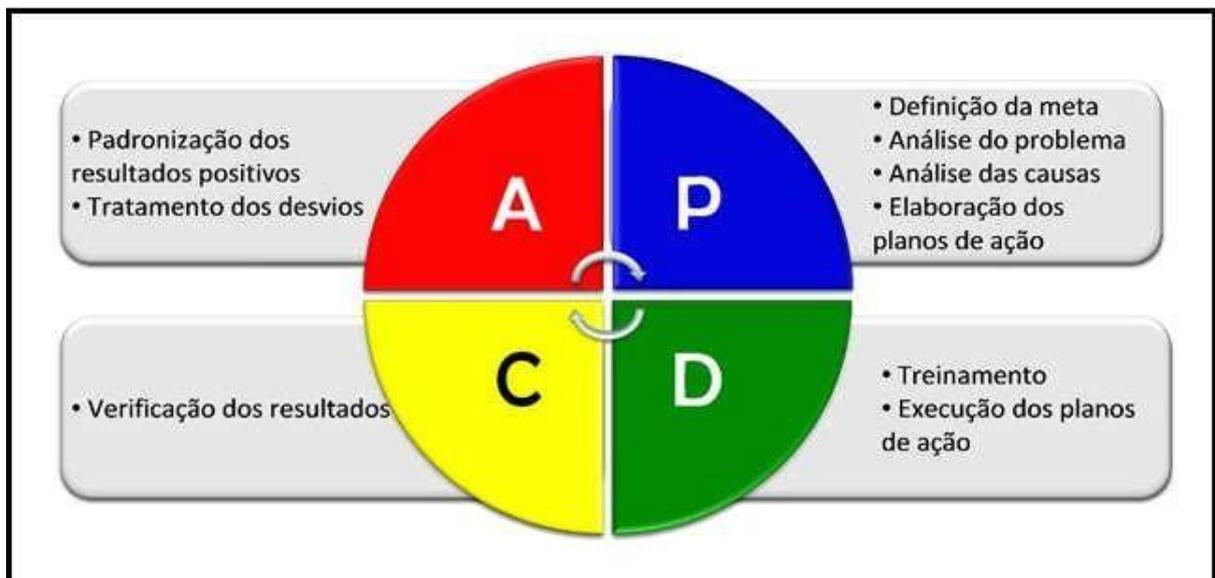
O modelo apresentado por Shewhart, apesar de sua grande aplicabilidade, era simplista, formado inicialmente por apenas três passos: especificação, produção e inspeção que eram repetidos continuamente a depender da necessidade do ciclo. Em 1951, William Edwards Deming remodelou os passos da metodologia: especificação, produção, colocar no mercado e reprojetar. Desta forma nasceu a “Roda de Deming”, muito aplicada no Japão (ANDRADE, 2013).

Xenos (1998), define o PDCA como o método universal para atingir metas e Flugel

(2012) ressalta que a sua utilização auxilia nas tomadas de decisões, permitindo alcançar as metas estabelecidas e que são essenciais para o funcionamento das organizações. Uma ferramenta de qualidade de grande relevância para o desenvolvimento organizacional, auxiliando no desenvolvimento de planejamentos altamente eficazes.

O objetivo da Roda de Deming (ciclo PDCA) é agilizar e trazer clareza aos processos de gestão, para isso, a gestão da qualidade hoje parte de quatro etapas distintas: Planejamento (PLAN), Execução (DO), Verificação (CHECK) e Atuação (ACTION), que também podem ser usadas repetidas vezes (VASCONCELOS e outros, 2009). A Figura 1 exemplifica bem as quatro etapas do método, além dos principais pontos de cada etapa, que serão apresentados detalhadamente a seguir.

Figura 1 – Etapas do Ciclo PDCA.



Fonte: (FALCONI,2004).

3.1.1 Etapa de Planejamento (Plan)

Todas as próximas etapas dependem veemente da quantidade e da qualidade de dados obtidos nesta fase, é aqui que ocorre a identificação do problema a ser corrigido ou eliminado e de acordo com Campos (2001), os passos a seguir são necessários para assegurar o sucesso da mesma após a identificação do problema:

- Estabelecimento das metas que se pretende atingir.
- Análise e estudo dos processos que afetam o alcance da meta estabelecida.
- Análise das causas do problema sendo estudado.

- Elaboração de um plano de ação consistente.

A identificação do problema deve ser guiada pela meta de melhoria estabelecida. Após reconhecimento da problemática, é crucial que não se mantenha o processo engessado, pois se necessário, deve ser possível reavaliar a rota para assegurar o direcionamento correto para o atingimento da meta (VASCONCELOS e outros, 2009). Após isso, o objetivo deve ser encontrar a causa raiz do problema. Logo, deve se realizar uma busca pelo foco dele procurando entender as suas características. Essa busca precisa estar fundamentada no histórico da problemática, ou seja, através da análise de dados disponíveis sobre o processo e até mesmo a utilização de relatos das pessoas envolvidas no processo também pode ajudar na observação do problema (FALCONI,2004).

Falconi (2004) pontua que após identificadas as causas fundamentais da problemática, é necessário reconhecer qual a relação entre o processo, suas deficiências, e o problema gerado, para que enfim um plano de ação de qualidade possa ser formulado.

O plano de ação é a última etapa da fase de planejamento e pode se dizer que é a razão dela existir. Aqui, as causas prioritárias do problema devem ser alvos de ações específicas para que ele possa ser eliminado. Informações sobre o que deve ser feito, quem serão os responsáveis e os prazos estabelecidos são mandatórias. É indispensável que na concepção do plano de ação seja levado em consideração também, que para a sua execução serão necessários recursos, sejam eles financeiros, pessoal ou mesmo tempo para implantação das mudanças propostas, e o modo como esse plano venha a ser formulado pode impossibilitar a sua realização, a estratégia para a solução do problema deve ser inclusiva e viável (FURUKITA, 2017).

3.1.2 Etapa de Execução (Do)

Na etapa de Execução, o planejamento da etapa anterior é executado, seguindo o procedimento operacional padrão exatamente como o previsto. Todas as pessoas envolvidas no projeto devem ser treinadas na execução do plano de ação antes de se dar seguimento ao mesmo (NEVES, 2007). Campos (2004) destaca que a fase “Do” pode ser subdividida em duas etapas principais: a etapa de treinamento e a de execução das ações. No treinamento, a divulgação do plano deve ser feita a todos os funcionários envolvidos por meio de reuniões participativas e comunicação assertiva, onde serão apresentadas detalhadamente as tarefas e a razão delas, bem como os responsáveis por cada uma delas. Após a divulgação e compreensão do plano por parte dos envolvidos, segue-se a etapa de execução do plano de ação proposto, onde devem ser feitas verificações periódicas das ações, e tomado registro de dados que permitam analisar os efeitos

das mudanças, além das respectivas datas em que foram obtidos, para alimentar a verificação na etapa seguinte do ciclo.

3.1.3 Etapa de Verificação (Check)

Na fase de verificação se avalia a eficiência das ações definidas no Planejamento e executadas na etapa anterior por meio da comparação entre os dados obtidos e a meta planejada (RODRIGUES e outros, 2017). É de suma importância para que o check possa ser realizado de forma eficiente, que as ações definidas sejam monitoradas e formalizadas de maneira adequada, possuindo um sistema de follow-up padronizado, a fim de que todos os resultados sejam acompanhados e de conhecimento de todo o time envolvido na solução do problema (NASCIMENTO, 2011).

Outro ponto de importante relevância nesta fase do ciclo é o uso da metodologia estatística a fim de minimizar erros, economizar tempo e recursos (NEVES, 2007). Desta forma, buscando melhor organizar esta etapa, Melo (2001) propõe a sua subdivisão em três fases: comparação dos resultados, comparando os dados antes e após a tomada das ações, através dos relatórios de follow-up; listagem dos efeitos secundários, uma vez que as ações executadas podem acarretar efeitos secundários negativos ou positivos à organização; e a verificação da continuidade ou não do problema, para certificar-se de que as ações surtiram efeito e sanaram o problema.

Ao longo do processo, se os objetivos não foram alcançados mesmo com o cumprimento do plano de ação proposto na sua totalidade, entende-se que a definição das ações não suportou a solução da problemática, ou até mesmo possível falha na etapa plan. Desta forma, o caminho tomado deve ser o de retornar à análise do processo e de fazer uma reavaliação dos pontos considerados na elaboração do plano de ação, agregar novos pontos de vista sobre o processo através da adição de novos membros na equipe, obter e analisar mais dados sobre o problema (ZOIA, 2018).

É importante ratificar que a não resolução do problema e o retorno à fase inicial do ciclo não deve ser interpretada como motivo para se descartar o conhecimento gerado no primeiro ciclo. Deve se encarar este momento como de aprendizagem para todo o time e se identificar quais causas levaram ao não atingimento dos objetivos e a partir desse conhecimento complementar o plano de ação anterior para agir sobre as novas oportunidades identificadas (FUKURITA, 2017).

3.1.4 Etapa de Ação (Act)

Esta etapa é o fechamento do ciclo e a sua essência é a avaliação dos resultados e a padronização de aprendizados, pois é necessário assegurar que os aprendizados sejam resguardados e permeiem entre toda a equipe envolvida na solução do problema. A afirmação de Silva (2017) corrobora essa afirmativa, pois ele ressalta que quando se encerra um ciclo do PDCA, caso comprovada a eficácia do plano de ação para o alcance dos objetivos, deverão ser desenvolvidos métodos de padronização das ações executadas para garantir que as melhorias obtidas no processo sejam mantidas e a nova forma de operação se torne a padrão (SILVA; 2014).

Em muitos casos há a necessidade de se criar ou de se alterar o padrão existente e essa alteração normalmente exige um novo treinamento da equipe e constante verificação da execução desses padrões. Portanto, um acompanhamento deve ser feito até a consolidação dos novos padrões e o time deve entender que a mudança é necessária e se adaptar a mesma na rotina (MELO & CARAMORI, 2001).

Em contrapartida, caso o cenário acima seja diferente e o planejamento realizado não tenha viabilizado o atingimento das metas estipuladas, o segundo caminho a ser tomado no encerramento de um ciclo do PDCA é a reavaliação das causas que levaram ao resultado atingido e a aplicação de ações corretivas no método de intervenção proposto para o processo. Nesse ponto poderão ser feitas algumas adaptações no planejamento inicial e então repetir a etapa de execução, ou então o planejamento original deverá ser abandonado e um novo ser formulado, levando em consideração os aprendizados adquiridos durante o primeiro ciclo (MACHADO, 2007).

3.2. Índice de Controle (IC) e Índice de Verificação (IV)

Indicadores são métricas acompanhadas para o atingimento de um determinado resultado. Comumente, dois tipos de indicadores estão na rotina para suportar o atingimento de quaisquer metas, são os indicadores de controle (IC's), os quais metrificam o resultado de um produto ou processo e os indicadores de verificação (IV's), que são métricas de suporte que irão garantir o atingimento do IC. Eles precisam ser de efetivos e de fácil acompanhamento pela operação para viabilizar o resultado esperado (OLIVEIRA, 2022).

Mattosinho (2019) afirma em seu estudo que bons indicadores de performance, key performance indicator (KPI) devem possuir três características indispensáveis:

- **Especificidade:** Atuar em um único processo e abranger uma única definição, pois indicadores que abrangem diversas interpretações estão fadados a darem errado.
- **Mensurável:** Precisam ser quantitativos numericamente, com dados que possam ser coletados com facilidade e de forma confiável para se evitar escolhas estatísticas equivocadas.
- **Relevante:** O indicador precisa estar alinhado como objetivo que se pretende alcançar, a fim de se evitar desperdício de tempo e recurso acompanhando algo que não dará retorno para o processo.

3.3 Ferramentas da Qualidade

A metodologia PDCA, por mais robusta que seja, precisa ser suportada por ferramentas que viabilizem a sua operacionalização de forma assertiva. Sabe-se que trabalhar e colher insights de um grande volume de dados é um dos maiores desafios da modernidade e no decorrer do ciclo PDCA a quantidade de dados e informações aumentam de forma exponencial. Todavia, as ferramentas da qualidade atendem bem a esta demanda, pois atuam como ferramentas sistemáticas de coleta e processamento de informações (Zóia; 2018).

Figura 2 – Etapas do Ciclo PDCA e ferramentas de Controle de Qualidade associadas.

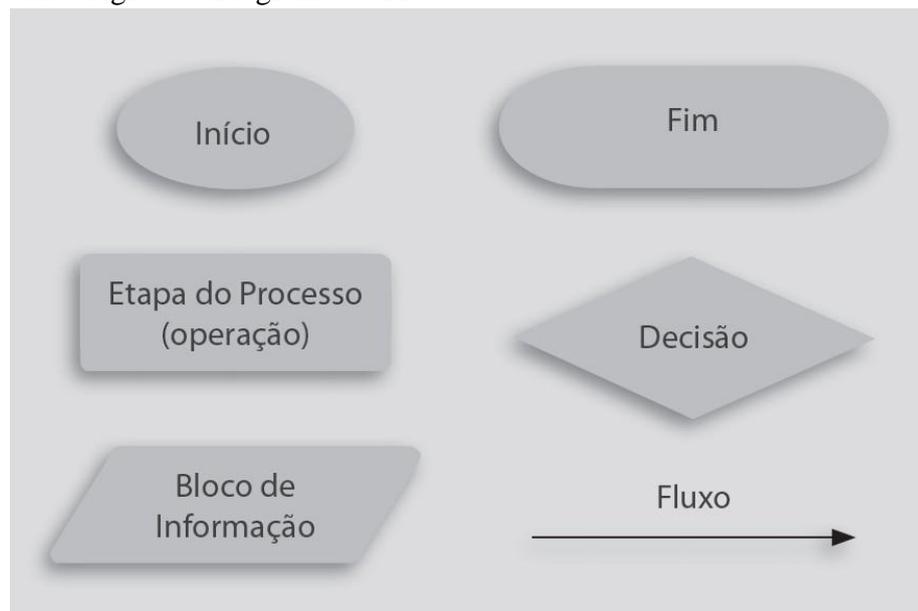
	FASE	ETAPA	FERRAMENTAS
Planejar	Identificar o problema	Identificação, priorização e classificação	Brainstorming Pareto
	Levantar fatos e dados	Observação e análise	Fluxograma Planilha de dados
	Analisar o processo	Análise de causa e efeito	Brainstorming Diagrama de Causa e Efeito Diagrama de dispersão 5 Porquês
	Elaborar o plano de ação	Planejamento	5W2H
Fazer	Realizar as ações do plano	Observação, acompanhamento	5W2H Planilha de dados
Verificar	Verificar se o problema foi corrigido	Controle	Histograma Regressão
Agir	Padronizar	Documentação, disseminação	Procedimentos Tabelas Instruções Reuniões Eventos
	Concluir	Reflexão, próximo problema	Auditorias

Fonte: Próprio Autor (2022).

3.3.1 Fluxograma

Martinelli (2019) afirma em sua obra que registrar a sequência de registros e atividades de forma a torná-los sistemáticos e de fácil compreensão a todos, permite a identificação de falhas e erros ao longo de processos. Desta forma, os fluxogramas, ou mapas de processos, atendem bem a essa necessidade, pois consistem em uma representação gráfica que permite a fácil visualização de um processo, uma vez que esse é representado por meio de diagramas postos em sequência, sendo que cada um desses diagramas possuem uma simbologia como representadas abaixo que podem significar desde uma ação, uma decisão, uma resposta ou o fim de um processo (LINSS, 1993).

Figura 3 – Simbologias do Diagrama de Processos



Fonte: Oakland (1994, p. 79).

3.3.2 Diagrama de Causa e Efeito

Desenvolvido em 1943 pelo engenheiro químico Kaoru Ishikawa, o diagrama de Causa e Efeito é chamado de diagrama de Ishikawa ou também de diagrama Espinha de Peixe devido ao seu formato se assemelhar muito à uma espinha de peixe (ALVAREZ, 2007). Esta ferramenta da qualidade tem o objetivo de representar a relação existente entre o resultado de um processo (efeito) e os seus fatores (causas) que de alguma forma possam comprometer o resultado esperado (WERKEMA, 2012).

O diagrama de Ishikawa considera que as causas dos problemas devem ser divididas em seis vertentes conhecidas como 6M's: mão de obra, matéria-prima, método, máquina, meio ambiente e medida. Esse modelo permite que se possa sumarizar as principais causas e direcionar de forma mais adequada o plano de ação (TRIVELLATO; 2010). É imprescindível que tanto as causas quanto os efeitos sejam mensuráveis e que o maior número possível de pessoas envolvidas no processo participe da criação, pois isso traz mais confiabilidade ao trabalho.

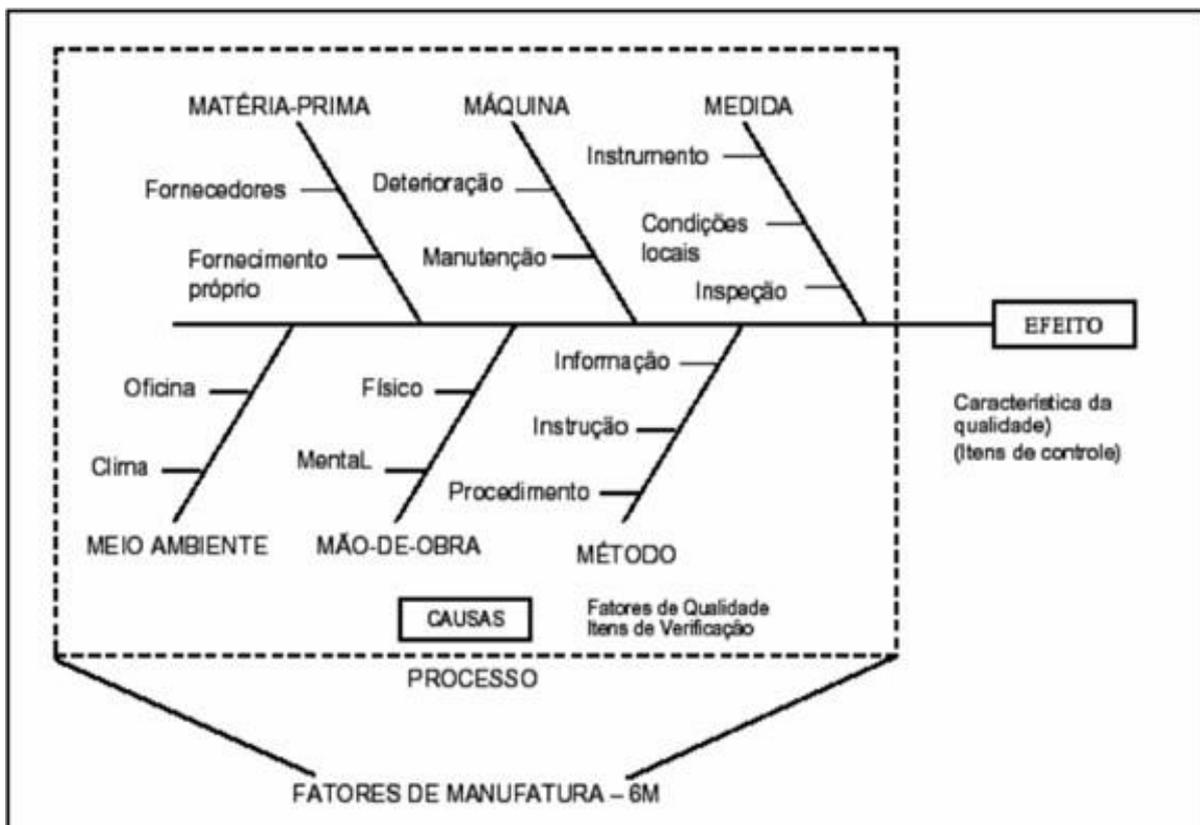
Normalmente, para levantar as causas do processo ilustradas na Figura 3, são empregadas sessões de “brainstorming” pelos grupos de trabalhos no diagrama de Ishikawa afim de se achar os 6M's descritos a seguir (WERKEMA, 2012).

- **Método** – Aqui as causas relacionadas às melhores práticas e procedimentos utilizados para executar o trabalho são inseridas. A aplicação da metodologia incorreta pode gerar problemas. Desta forma, quando o efeito indesejado é consequência da metodologia de trabalho escolhido, questiona-se o quanto a forma de trabalho influenciou o problema (CAMARGO, 2019).
- **Matéria Prima** - Esta categoria leva em consideração as causas que envolvam o material utilizado no trabalho, pois sabe-se que os problemas podem surgir devido à inconformidade técnica ou pela baixa qualidade da matéria prima utilizada. Aqui se questiona se o material utilizado pode ter influenciado o trabalho, se tinha boa qualidade (CAMARGO, 2019).
- **Mão de obra** – Neste tópico as causas que envolvam atitudes e dificuldades por parte do colaborador como por exemplo: procedimento inadequado, pressa, imprudência, ato inseguro, desleixo ou falta de qualificação são questionados e é avaliado se o colaborador está preparado, bem treinado, se sua atitude está adequada ou se há falta de experiência (CAMARGO, 2019).
- **Máquinas** – Tudo que envolva maquinários ou processos é investigado nesta categoria. Sabe-se que muitos problemas são derivados por falhas de máquinas, podendo ser causados pela ineficiência na execução do plano de manutenção ou pela operacionalização de forma inadequada. Deve-se questionar se houve problemas com máquinas e equipamentos em geral (CAMARGO, 2019).
- **Medição | Medidas** - Esta categoria é preenchida com as causas que envolvam os instrumentos de medida, sua calibração e a efetividade de indicadores em

mostrar as variações de resultado. Aqui se verifica se o acompanhamento está sendo realizado, se ocorre na frequência necessária e se as métricas que usamos para medir o trabalho estão adequadas (CAMARGO, 2019).

- **Meio Ambiente** - Causas relacionadas ao local, calor, layout, poluição, poeira, falta de espaço, dimensionamento inadequado dos equipamentos, dentre outros, são avaliadas neste tópico, pois o ambiente pode favorecer a ocorrência de problemas. Questiona-se aqui se houve alguma influência do meio ambiente na ocorrência do problema (CAMARGO, 2019).

Figura 4 – Diagrama de Ishikawa



Fonte: Campos (2004).

3.3.3 Gráfico de Pareto

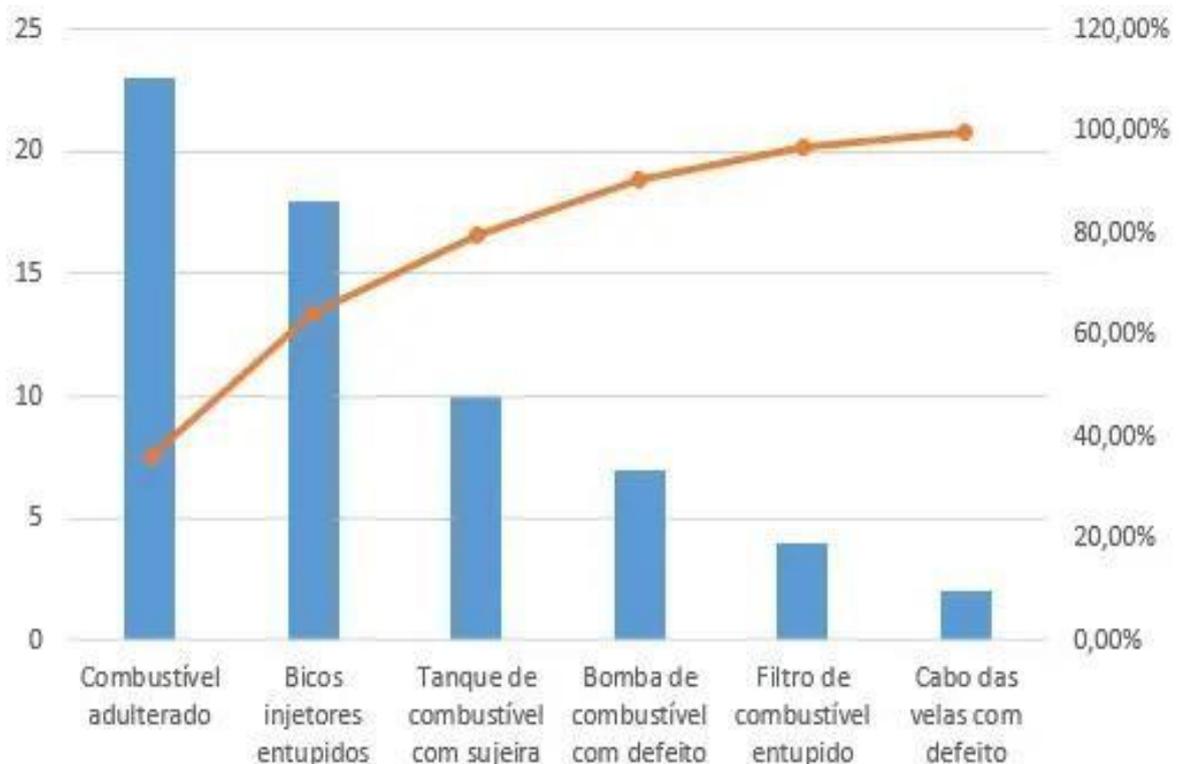
O pesquisador italiano Vilfredo Pareto observou em seus estudos que 80% da riqueza da Itália estava concentrada nas mãos de 20% da população. Uma análise importante que deu origem a uma das mais importantes ferramentas da qualidade, o gráfico de Pareto, também conhecido como diagrama de Pareto ou regra dos 80/20. Os estudos deste pesquisador

permitiram se identificar que geralmente 80% de todos os problemas são causados por 20% dos fatores (CORRÊA; 2012).

Esta ferramenta é simples, visual e intuitiva. Desta forma, fornece ao grupo de trabalho uma gestão à vista do problema bem precisa, pois consiste em um gráfico na forma de barras ordenadas da mais alta para a mais baixa que representam a frequência dos problemas. Essas barras são combinadas com uma curva traçada mostrando o percentual acumulado de cada barra, que fornece o impacto percentual de cada problema (WERKEMA, 2012). No entanto, Rotondaro (2002) alerta sobre a importância de uma prévia estratificação e uma coleta de dados consistente a fim de se evitar erros na tratativa dos problemas ao se direcionar esforços para resolver problemas não reais ou de pequena relevância à problemática trabalhada.

Após a construção do gráfico de Pareto e a identificação dos principais impactos do problema, devem ser formuladas ações para atuar sobre as causas, enquanto as de menor frequência não devem ser ignoradas, mas tratadas em um segundo momento caso necessário (TRIVELLATO, 2010). O exemplo da Figura 2 permite a observação por meio das barras, a frequência dos problemas registrados, ou seja, a quantidade de vezes que um fator gerou um problema e, no eixo da direita, de forma acumulada, observa-se o impacto percentual de cada um destes problemas.

Figura 5 – Gráfico de Pareto

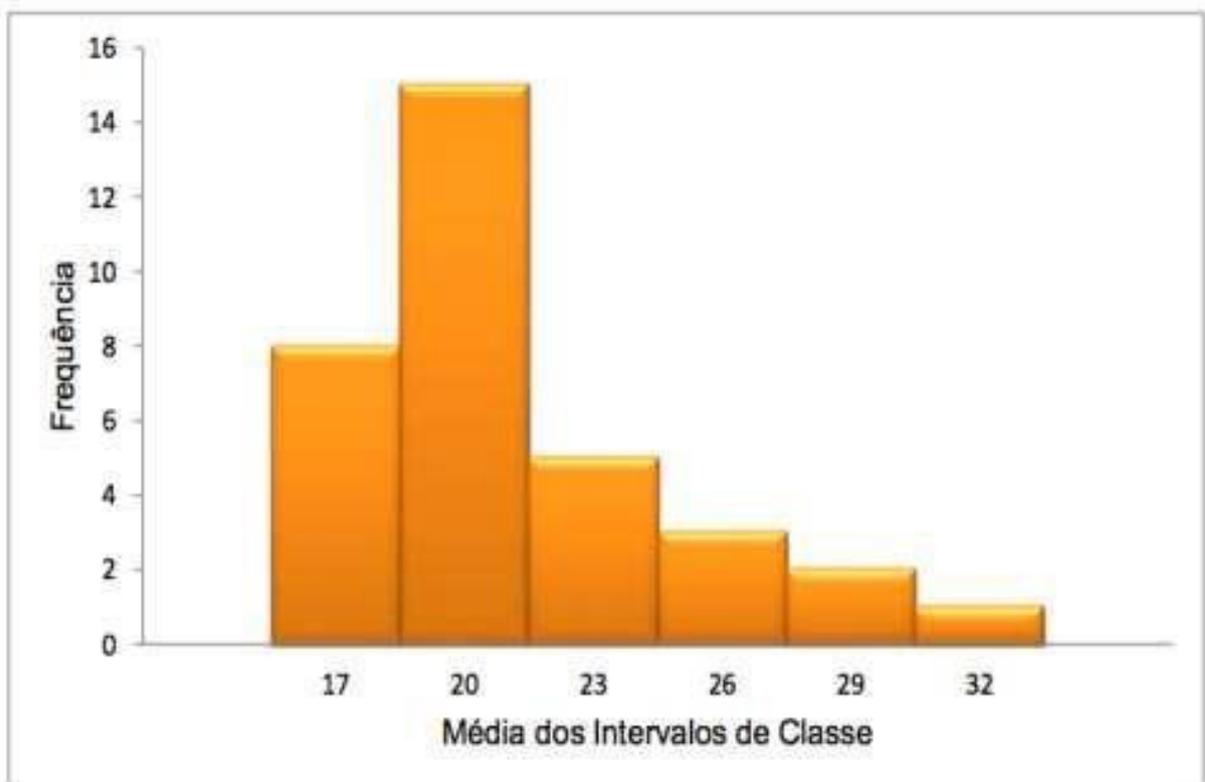


Fonte: Coutinho (2018).

3.3.4 Histograma

O histograma é um gráfico de barras verticais que dispõe os valores de uma variável de interesse subdivididos em pequenos intervalos, de modo que seja possível a visualização da forma da distribuição desse intervalo e a percepção da localização do valor central e da dispersão dos dados. Esta ferramenta, evidencia se o problema encontrado está mais relacionado à localização do valor médio ou a variação dos resultados. A comparação de histogramas com os limites de especificação nos permite avaliar se um processo está entrando no valor nominal e se é preciso adotar alguma medida para reduzir a variabilidade do processo (WERKEMA, 1995).

Figura 6 – Histograma



Fonte: Moraes (2019, p.19).

3.3.5 Diagrama de Dispersão

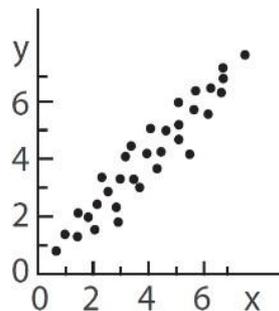
Segundo Werkema (2012), diagramas de dispersão são gráficos utilizados para a visualização do tipo de relacionamento entre duas variáveis quaisquer. Dentro do contexto deste trabalho, aplica-se para a visualização do tipo de relacionamento existente entre o problema analisado no giro do PDCA e a causa mais provável. As variáveis correlacionadas podem ser,

por exemplo, duas causas de um processo, uma causa e um efeito do processo ou, até mesmo, dois efeitos do processo (WERKEMA, 2012).

Além dos variados tipos de variáveis que podem se correlacionar, é importante também a compreensão acerca dos três tipos de correlação que podem existir em diagramas de dispersão para o melhor entendimento do comportamento do problema a ser resolvido.

Correlação positiva, ocorre quando há uma concentração de pontos em tendência crescente, ou seja, conforme a variável independente aumenta, a dependente também aumenta (CARVALHO, 2017). É o caso da Figura 6.

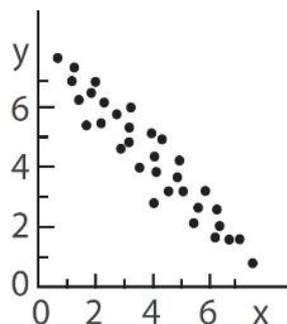
Figura 7 – Correlação positiva em um diagrama de dispersão.



Fonte: Martinelli (2019).

Correlação negativa, ocorre quando a concentração dos pontos segue uma tendência decrescente, quando à medida que a variável independente aumenta, a variável dependente diminui (CARVALHO, 2017). O fenômeno pode ser observado na Figura 7.

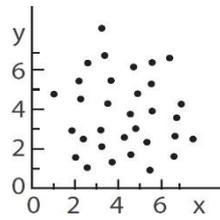
Figura 8 – Correlação negativa em um diagrama de dispersão.



Fonte: Martinelli (2019).

Correlação nula, observada quando os pontos não seguem uma tendência positiva nem negativa, há uma dispersão perfeitamente visual entre os pontos comprovando que não há correlação aparente entre as variáveis conforme ilustrado na figura 8 (CARVALHO, 2017).

Figura 9 – Correlação nula em um diagrama de dispersão.



Fonte: Martinelli (2019).

3.3.6 5W2H

O 5W2H é um checklist administrativo que por meio de perguntas específicas auxilia o gestor a elaborar um plano de ação consistente e claro (NETO et. Al.,2016). Ele atua principalmente em cima dos prazos, atividades e responsabilidades de cada atividade. Essa ferramenta é utilizada de forma auxiliar outras ferramentas da qualidade e sua sigla corresponde a sete perguntas em inglês capazes de solucionar todas e quaisquer dúvidas que possam aparecer ao longo de um processo ou de uma atividade (CONSULTORIA, 2022). São elas: what (o quê?), aqui se questiona o que será feito, o objetivo ou a meta a ser alcançada; why (por quê?), definição da justificativa pelo qual está se realizando o plano de ação; where (onde?), define o lugar que as ações devem ser realizadas; when (quando?), indica os prazos para cada ação ser concretizada; who (quem?), seleciona o responsável pela concretização de cada atividade; how (como?), delimita como deve ser executada a ação para se alcançar a meta e how much (quanto custa?), que representa o recurso monetário necessário para o cumprimento de cada atividade (CONSULTORIA, 2022).

Figura 10 – 5W2H

Plano de Ação: Aumentar recheio da pizza	
O que fazer?	Aumentar quantidade de queijo do recheio
Quem fazer?	Pizzaiolo
Onde fazer?	Na cozinha
Quando fazer?	Hoje até final do dia
Porque fazer?	Reclamações de clientes
Como fazer?	Aumentando uma porção de queijo em todas as receitas
Quanto custa fazer?	R\$ 130,00

Fonte: Santos (2021, p.35)

3.3.8 5 Porquês

A ferramenta dos 5 Porquês é muito eficaz para identificar e resolver a causa raiz de problemas, ela consiste em fazer 5 perguntas a respeito da causa de um determinado problema, sempre relacionando a próxima pergunta à anterior, com a finalidade de eliminar a fonte do problema durante o processo até que se identifique somente a causa raiz da problemática trabalhada (CINTRA, 2015).

Para Aguiar (2002), é clara a facilidade de aplicabilidade desta ferramenta dada a sua simplicidade em separar as causas dos efeitos. Todavia, é indispensável que se tenha atenção na formulação das perguntas, é preciso fazer as perguntas certas para se obter as respostas certas. Desta forma, as perguntas devem ser feitas com cuidado e conhecimento aprofundado sobre o processo e o problema em questão. A aplicação equivocada dessa ferramenta, negligenciando as relações de causa e efeito na construção das perguntas, pode levar a uma análise confusa a respeito da causa raiz do problema (AGUIAR, 2014).

O uso da técnica de brainstorm é um relevante aliado para esta ferramenta, pois envolve a participação de todo o time na solução do problema, mas é indispensável que as contribuições estejam pautadas em um fato ou dados concretos sobre o problema, em vez de ser baseada apenas em hipóteses (AGUIAR, 2014).

3.4. Índice de Perda de Extrato (IPE)

Para se entender o que é o índice de perda de extrato, primeiramente precisa se entender o que é o extrato cervejeiro. A Instrução Normativa nº 65/19 (BRASIL, 2021) o define como a quantidade de substâncias dissolvidas no mosto, principalmente açúcares, que dão origem a cerveja sendo medido em graus plato. É considerado um parâmetro analítico muito importante para avaliar a qualidade da produção da cerveja, visto que uma alta proporção de extrato obtido do malte proporciona maior rendimento na brassagem e eficiência no processo de produção, reduzindo desperdício e custo do produto.

Já o índice de perda de extrato é um indicador que mensura a perda do extrato em alguma etapa do processo produtivo, sendo muito importante e que precisa ser acompanhado no detalhe, pois representa uma das perdas financeiras de uma cervejaria ao longo do processo produtivo, tendo impacto considerável no custo da unidade uma vez que este indicador afeta outros em cascata, como os indicadores da remuneração variável da operação e, de forma mais significativa, a produtividade (SANTOS, 2019).

A IPE pode ser observada, por exemplo em: retirada de levedura dos tanques de fermentação, processos ineficientes e falhas de manutenção, cerveja fora do padrão, perdas nos transportes, perdas no começo e final de produção, refugos no envase, alto nível de enchimento e quebra de garrafas, entre outros (SANTOS, 2019).

Figura 11 – Fluxo de perda de extrato em um processo qualquer.



Fonte: Santos (2019).

3.6 Processo Cervejeiro

A fabricação da cerveja envolve muitos processos e operações unitárias, o que amplia muito o mapa de possíveis fontes de perdas de extrato. Entender o fluxograma, bem como os respectivos processos atrelados à cada etapa produtiva da fabricação de cerveja, é essencial para se conseguir mapear e controlar este indicador, pois permite a visualização de pontos da perda. A Figura 8 descreve bem esta afirmativa. Estas informações foram embasadas em treinamentos na própria vivência dentro da cervejaria onde o projeto foi elaborado (SOUZA, 2015).

Segundo Santos e Sales (2021), o processo de fabricação da cerveja pode ser resumido de forma simplista em: mosturação, clarificação, fervura, resfriamento, fermentação, maturação, engarrafamento e pasteurização da cerveja, sendo que somente os dois últimos ocorrem no packaging, área responsável pelo envase da cerveja e os demais ocorrem dentro da área de processo cervejeiro, área responsável por criar o fluido cervejeiro.

A área do processo cervejeiro também pode ser subdividida de forma mais granular em subáreas conhecidas como área quente e área fria. A área quente comporta todos os processos relacionados à extração e às reações enzimáticas da cerveja. Já a etapa fria é onde o mosto, que pode ser descrito como um caldo açucarado que servirá de base para a cerveja, é resfriado para receber a levedura e se dar início a fase de fermentação bem como demais etapas descritas a seguir (OLIVER, 2012).

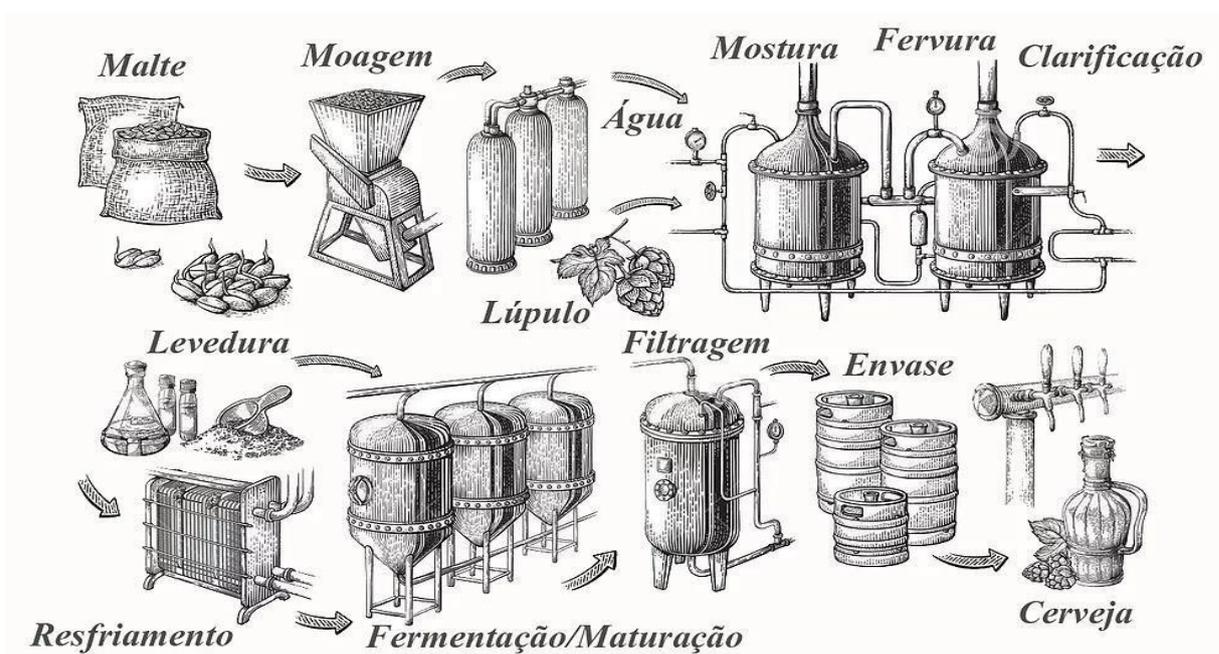
A primeira etapa da fase fria se dá com a última etapa da área quente (brasagem) que é marcada pelo resfriamento do mosto para que se possa inocular a levedura numa temperatura

ótima de ativação e assim se dar início aos processos fermentativos. Aqui é comum o uso de trocadores de calor (chiller) de imersão, que é uma serpentina de metal imersa no mosto com líquido em baixa temperatura percorrendo seu interior. Ao final da etapa de resfriamento, o mosto está pronto para a etapa de fermentação (DIAS, 2020).

Na fase de fermentação, os principais objetivos são a conversão dos açúcares em álcool, CO_2 e compostos que conferem aroma e sabor a cerveja, como os ésteres (SALIMBENI et al., 2016). São as leveduras inoculadas no mosto as responsáveis por essa conversão, graças ao consumo do açúcar e oxigênio que executam. Contudo, com o esgotamento dos açúcares as leveduras começam a diminuir atividade e flocular para o fundo do fermentador. Super importante ressaltar que o tipo de levedura, temperatura e duração de fermentação varia de acordo com o estilo da cerveja a ser produzida. Por exemplo, as cervejas do tipo Ale, fermentam em temperaturas em torno entre $15^{\circ}C$ e $20^{\circ}C$, enquanto as cervejas Lager fermentam em temperaturas mais baixas, entre $7^{\circ}C$ e $14^{\circ}C$ (DIAS, 2020).

Concluída a fase fermentativa, o fluido cervejeiro está pronto para “descansar”, termo utilizado para se referir a etapa de maturação. Neste estágio do processo ocorre o “amadurecimento da cerveja”. Ou seja, a cerveja fica em repouso, em baixas temperaturas, de modo a eliminar resíduos gerados pelo processo de fermentação, como o diacetil, sulfeto de hidrogênio e acetaldeído que produzem características de aroma e sabor indesejadas na cerveja (SALIMBENI et al., 2016).

Figura 12 – Fluxograma do processo produtivo de cerveja.



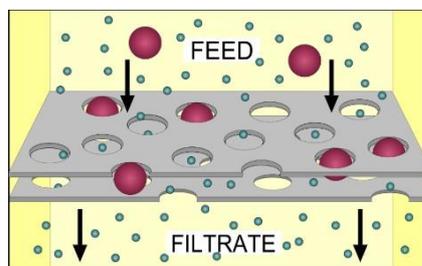
Fonte: Processo (2021).

A cerveja maturada é então enviada para a etapa de filtração, que por ser a área foco do presente estudo será descrita com mais riqueza de detalhes a frente. A última fase do processo consiste naquela que vai diferir a cerveja do chop, é a pasteurização. É sabido que após o envase ainda há levedo vivo na cerveja, e com o tempo ele irá se autodestruir (autólise), e este processo deixa na cerveja sabores e aromas indesejados. Para evitar esse processo, realiza-se a pasteurização, que ajuda a inibir a presença de microrganismos, que podem eliminar as leveduras e disponibilizar toxinas para a cerveja, e bactérias lácticas, que vivem sob condições semelhantes às das leveduras e ocasionam turvação na bebida. Esse procedimento consiste em aquecer a cerveja até temperaturas entre de 66°C e 72°C bem lentamente (REINOLD, 2003), eliminando os microrganismos presentes. Sem microrganismos a cerveja irá demorar um tempo maior para estragar, ao contrário do chop e poderá então seguir para a área de Logística onde será distribuída aos consumidores do produto (SALIMBENI et al., 2016).

3.7 Filtração

CreMASCO (2012) descreve a filtração como uma operação unitária de separação de partículas sólidas de uma fase fluida (gasosa ou líquida) por meio de um leito poroso e permeável, conhecido como meio filtrante, que retém a fase particulada ao passo que um fluido qualquer, denominado como filtrado, abandona o filtro.

Figura 13 – Modelo ilustrativo do processo de filtração.



Fonte: Sparks (2015).

Os tipos de meios filtrantes são diversos e diferem tanto na eficiência quanto no tipo de aplicação, podendo ser classificados em leitos granulares soltos, leitos rígidos, telas metálicas, tecidos, membranas, algodão, polímeros sintéticos, entre outros. A seleção do meio filtrante deverá atender as exigências da operação ou projeto (CREMASCO, 2012).

Na indústria cervejeira o meio filtrante mais utilizado é a terra diatomácea, que consiste em esqueletos de algas pré-históricas ou diatomitas fossilizadas. Esse meio clarifica a

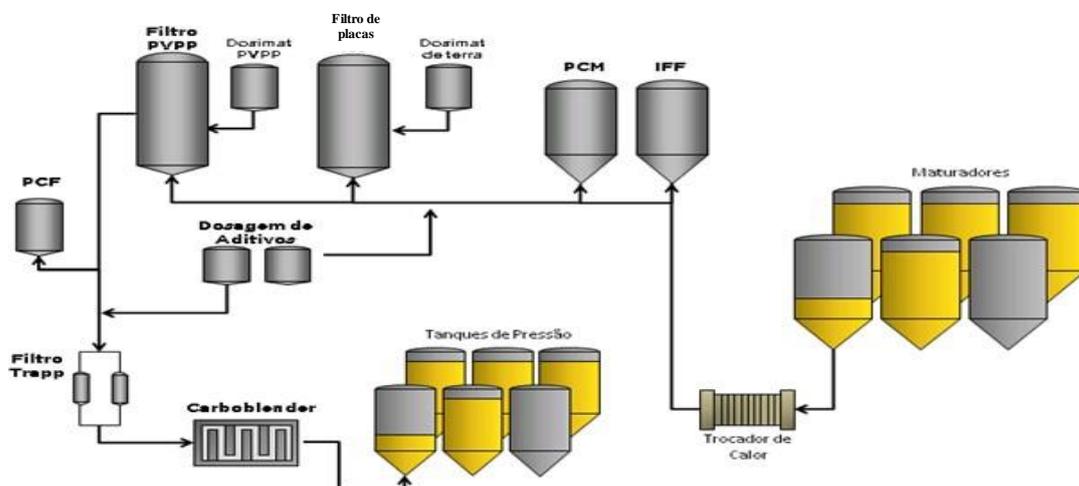
cerveja pelo seu efeito de peneira que varia de acordo com a sua granulometria, pois seu poder de adsorção em baixo (REINOLD, 2022).

O início da etapa de filtração na fabricação da cerveja é marcado pelo recebimento da cerveja maturada que está entre -1°C e 3°C , mas que mesmo assim ainda passa por um outro trocador de calor a fim de garantir que a temperatura do fluido fique negativa para viabilizar a decantação de particulados. Esta etapa é indispensável, pois quando não eficiente os particulados podem decantar na mesa do consumidor quando a cerveja for submetida a temperaturas negativas.

Após o fluido segue para o tanque de início e final de filtração (IFF), responsável por receber também a cerveja mais diluída gerada pela atividade de empurrar a cerveja residual do filtro durante o processo de limpeza. Feito isso, ele segue para um tanque pulmão que guarda a cerveja, é o purfer de cerveja maturada (PCM). Posteriormente, o filtro de placas horizontais requisita o volume necessário para filtração à medida que o meio filtrante (terra de diatomácea) é dosado pelo Dosimat de terra, aqui as proteínas e células residuais são removidas.

O filtro PVPP dá seguimento ao processo filtrando coágulos de proteínas e polifenóis, responsáveis por causar turvação a cerveja. O Dosimat de PVPP irá dosar o polímero responsável por formar o coágulo no PVPP. Posteriormente, segue para o purfer de cerveja filtrada (PCF). A cerveja então está pronta para passar pelo carboblender, onde será adicionado CO_2 e água para o fluido atingir os graus plato (P°) da cerveja, mas antes ainda passa pelo filtro trapp para garantir que pequenos resíduos não passem para as próximas etapas do processo. Finalmente a cerveja está pronta e segue para o tanque de pressão (TP), onde ficará aguardando a demanda da linha de envase da planta.

Figura 14 – Modelo ilustrativo do processo de filtração na indústria.



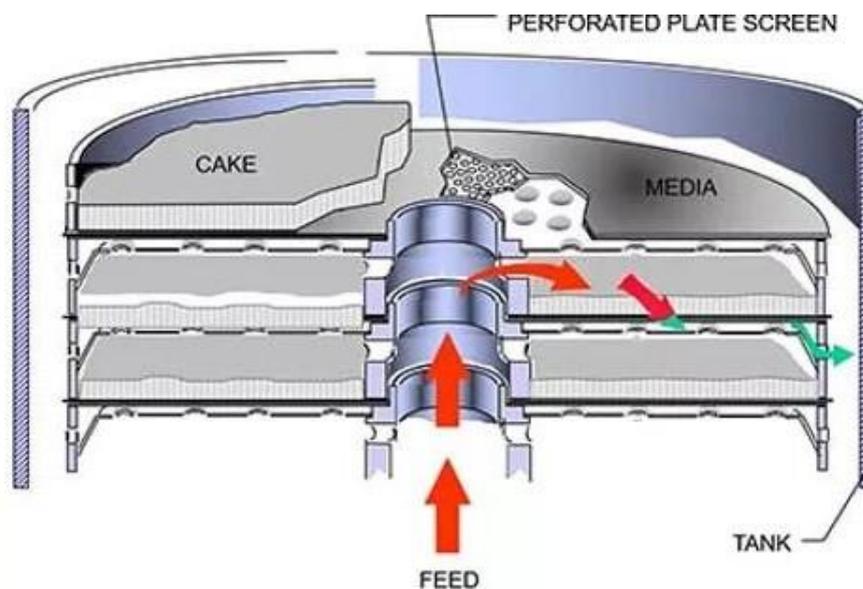
Fonte: Próprio Autor (2022).

Bortoli (2013) destaca a importância de que todas as etapas que antecedem a filtração sejam concluídas com qualidade evitando problemas na filtração, pois esta é uma etapa do processo de difícil atuação para resolução de problemas. Uma cerveja em que as proteínas não foram removidas em etapas anteriores, por exemplo, pode danificar o filtro e comprometer a filtrabilidade da cerveja.

3.5 Filtro de Placas Horizontais

O filtro de placas horizontais é um tipo de filtro de pressão utilizado na clarificação da cerveja já fermentada, possui um conjunto de placas removíveis, intertravadas por parafusos e olhais de içamento. Nele, uma bomba é responsável pela ação de compressão realizada no seu interior para forçar o líquido a ultrapassar uma série de elementos filtrantes, que pode ser terra de diatomáceas, perlita ou celulose, os quais realizam o papel de retenção das partículas sólidas e podem ser em discos de celulose, lona e tela metálica (KUNZE, 1996).

Figura 15 – Esquema meio filtrante do filtro de placas horizontais.



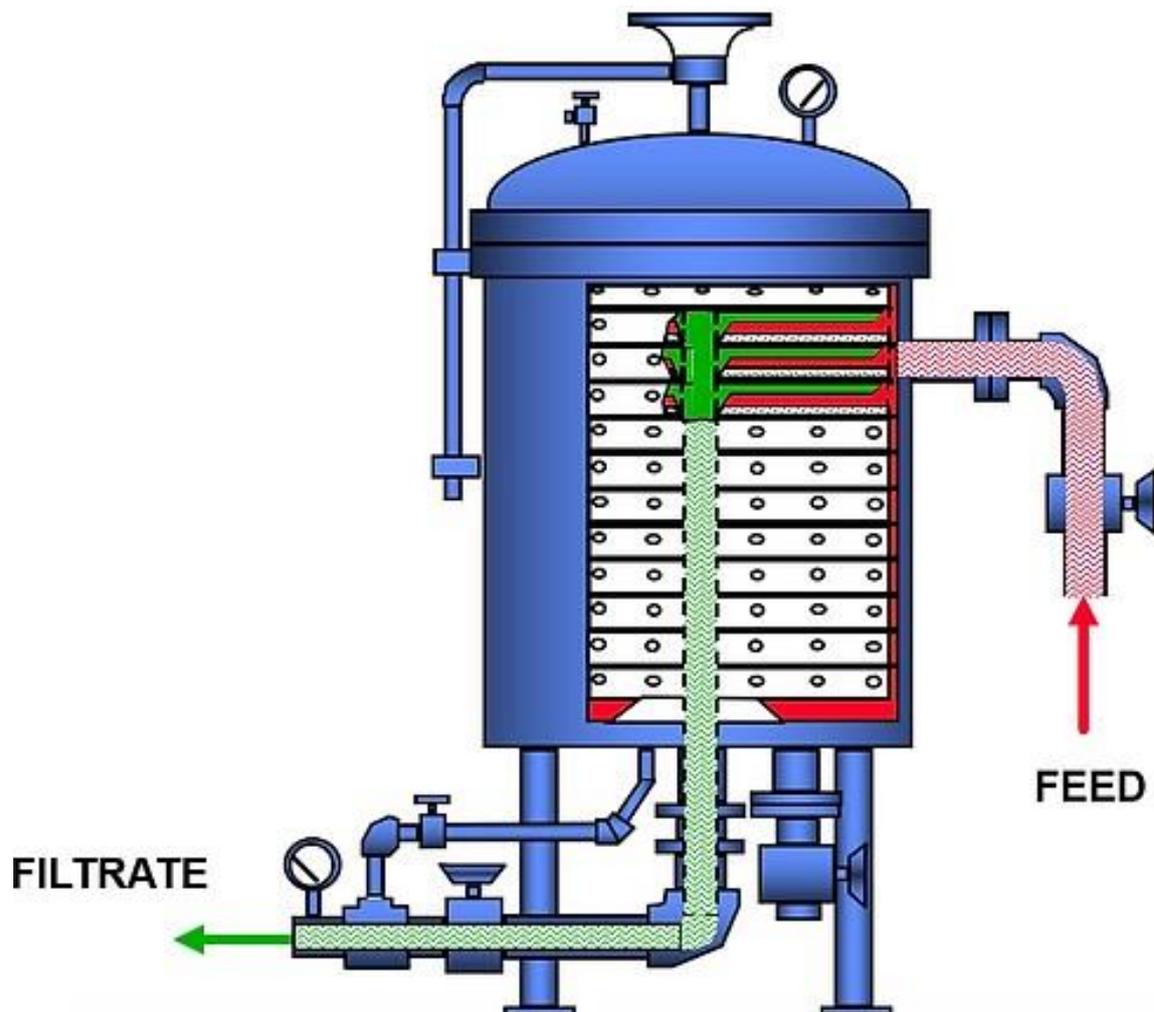
Fonte: Opteck (2022).

Os componentes filtrados decorrentes da separação são expelidos pelo bocal da placa e após coletados pelo tubo coletor. De forma paralela, a remoção da calda de sólidos, acumulada nos elementos filtrantes, é realizada por meio de sistemas de autolimpeza, utilizando bicos spray de alta pressão ou sistema vibratório acionado por eixo excêntrico (CHERYAN, 1995).

O filtro de placas horizontais é a solução mais comum para uma filtração em uma produção de escala industrial, sendo caracterizado pela alta eficiência de filtração. O meio filtrante mais comum é terra de diatomáceas, dependendo da composição da camada de filtro,

podem ser alcançados diferentes graus de pureza e fluxo de filtrado. A dosagem de terra de diatomáceas em no meio é dada através de uma bomba de dosagem, que mantém o filtro ainda suficientemente permeável. Isso permite atingir um alto desempenho de capacidade. A limpeza (regeneração) do filtro é muito fácil e rápida, não sendo necessária a desmontagem do equipamento. O desempenho do filtro depende principalmente dos parâmetros do produto filtrado, como, viscosidade, quantidade e natureza das substâncias contidas no produto filtrado, sobre o tipo de material de filtração, sobre a superfície de filtração total e sobre a queda de pressão (CHERYAN, 1995).

Figura 16 – Filtro de placas horizontais.



Fonte: Spalkefilter (2022).

4 METODOLOGIA

4.1 Classificação da pesquisa

Quanto a sua finalidade, este trabalho representa uma pesquisa aplicada, pois apresenta interesses de aplicação prática e faz uso da pesquisa básica para solucionar problemas reais da vivência na cervejaria onde foi realizado.

Em relação ao objetivo, este trabalho caracteriza-se como pesquisa explicativa, pois busca identificar as causas do fenômeno de perda de extrato, reunindo muitas informações através da coleta de dados, interpretando fatos para levar ao diagnóstico de soluções do problema levantado e descrever as melhorias implementadas.

Quanto a abordagem, classifica-se como quantitativa, pois essa se baseia em números para validar hipóteses, resolver problemas e chegar aos resultados desejados, através da aplicação de ferramentas estatísticas, gráficos e tabelas.

No que refere ao procedimento técnico, todavia, a pesquisa classifica-se como um estudo de caso, pois envolve o estudo robusto do seu objeto de estudo dentro da empresa, permitindo um conhecimento refinado.

4.2 Descrição da empresa

A empresa em pauta é uma multinacional fundada em 1998 no Brasil e representa até a data deste trabalho uma das maiores empresas de capital aberto do mundo. Ela se dedica a fabricação, venda e distribuição de refrigerantes, não alcoólicos, não carbonatados e cervejas, as quais representam a maior parte do seu market share. Possui 30 cervejarias, mais de 100 centros de distribuição e emprega mais de 30 mil colaboradores no Brasil.

A unidade filial em que este estudo foi desenvolvido é uma cervejaria e fica localizada em São Luís – Maranhão. Possui uma capacidade produtiva de 4.500,00 hectolitros de cervejapor ano, dispondo de 5 linhas produtivas na área de packaging, sendo duas delas de embalagens retornáveis (RGB's), duas de latas e uma de barris de chopp. A cervejaria possui área construída equivalente à $5,48Km^2$ e é dividida em unidades de negócio (UG's) que são: segurança, logística, packaging, meio ambiente, engenharia, qualidade, gente e performance e processo cerveja, o qual foi delimitado como foco de estudo e aplicação deste trabalho e que possui capacidade de entrega equivalente a 375 hectolitros de cerveja mensal para o packaging.

A cervejaria de São Luís se destaca mediante as demais unidades do grupo devido à sua posição estratégica de mercado. Localizada no Nordeste (região que representa 33% de todo o consumo de cervejas no Brasil) e na região do MA-PA-Pi (ponto de encontro entre os estados Maranhão, Pará e Piauí), a unidade sofre constantemente pressão por volume para abastecer o mercado de consumidores da região e tem forte impacto no volume total entregue pelas cervejarias do Nordeste. Desta forma, possui um grande potencial de crescimento por meio do aumento de performance e redução de perdas em seus processos. Além disso, está localizada em uma região com mão de obra qualificada barata, tendo bom relacionamento com a comunidade do perímetro da unidade e com as instituições de ensino superior da região por meio de parcerias de incentivo ao desenvolvimento da mão-de-obra local. Também recebe incentivos fiscais oferecidos pelo governo do estado e tem licença para destinar boa parte de seu efluente bruto tratado para outra indústria de mineração parceira utilizar em seus processos.

4.3 Coleta e análise de dados

A coleta de dados foi uma das etapas mais minuciosas deste projeto, pois qualquer não conformidade nesta etapa poderia afetar em cascata as demais. Logo, o levantamento de dados foi feito em boa parte seguindo a metodologia GEMBA, que define a escuta ativa dos colaboradores da empresa como instrumento para a identificação de lacunas nos processos. Além disso, utilizou-se informações do acervo empresa, por meio de consultas em planilhas eletrônicas de softwares como Microsoft Excel® e sistema SAP® da unidade, além de leituras de gráficos, consulta de base de dados e participação em diversas reuniões diárias, mensais ou de grupos de melhoria estratégicos das subáreas do time de Processo, área quente e área fria. Foram coletados dados de outubro de 2021 até março de 2022. Utilizou-se o software Minitab para análise estatística dos dados.

4.4 Etapas do desenvolvimento

Todo o método para o desenvolvimento das análises e procedimentos experimentais deste trabalho foi pautado em cima da metodologia do ciclo PDCA, já que se trata de uma ferramenta de melhoria contínua. A metodologia foi aplicada diversas vezes até o problema ser resolvido, ou seja, até a meta estipulada ser atingida.

Importante ressaltar que antes de se dar início ao ciclo PDCA, para o desenvolvimento deste trabalho, foi feita a definição do escopo do trabalho e a seleção dos indicadores para análise e mitigação dos impactos negativos atrelados a eles. Os indicadores selecionados foram

a perda de extrato e o ciclo médio de filtração como IC's e tempo de fervura do mosto da sala um e momento de recolha ou descarte como IV's.

Nesta cervejaria a perda de extrato é um dos indicadores da remuneração variável da operação e um dos três mais críticos dela, que por anos vem comprometendo o atingimento de muitos resultados, principalmente de custos, por isso precisa de um controle fino. Todavia, não é um indicador fácil de ser mensurado porque é sensível a variações de diversos processos que ocorrem de forma específica em cada área de UG. Dado este cenário, é claro que cada uma precisa de índices de verificação efetivos e de fácil acompanhamento pela operação para viabilizar o resultado esperado. Neste trabalho selecionou-se apenas uma área de UG e seus respectivos KPI's atrelados já descritos acima, a UG de processo cerveja.

Após a seleção dos indicadores, fez-se necessário o entendimento do problema e da forma de gerir o indicador. Para isso, foi criado um fluxograma para permitir uma melhor visualização do caminho percorrido pela cerveja dentro da etapa de filtração na área fria do processo cervejeiro, possibilitando a realização de um mapeamento de trechos críticos e de possíveis pontos incorretos de registros de informações.

Posteriormente, as primeiras ações de controle do indicador foram planejadas, buscando automatizar a forma de obtenção dos dados de volume de ciclo médio e treinando a operação para realizar o processo operacional da filtração da forma correta. Como resultado das primeiras ações, foram obtidas informações mais precisas e confiáveis, o que permitiu a análise das causas raízes do problema e o planejamento de novas ações assertivas para o aumento do volume de ciclo e redução da perda de extrato. Na sequência, foram executadas as ações planejadas, contando com o suporte dos times de ITF e Gente e Performance (GGP). Os resultados das ações foram verificados ao longo dos meses, surtindo efeitos bem positivos, e as modificações e melhorias implementadas foram padronizadas para garantir a manutenção dos bons resultados alcançados.

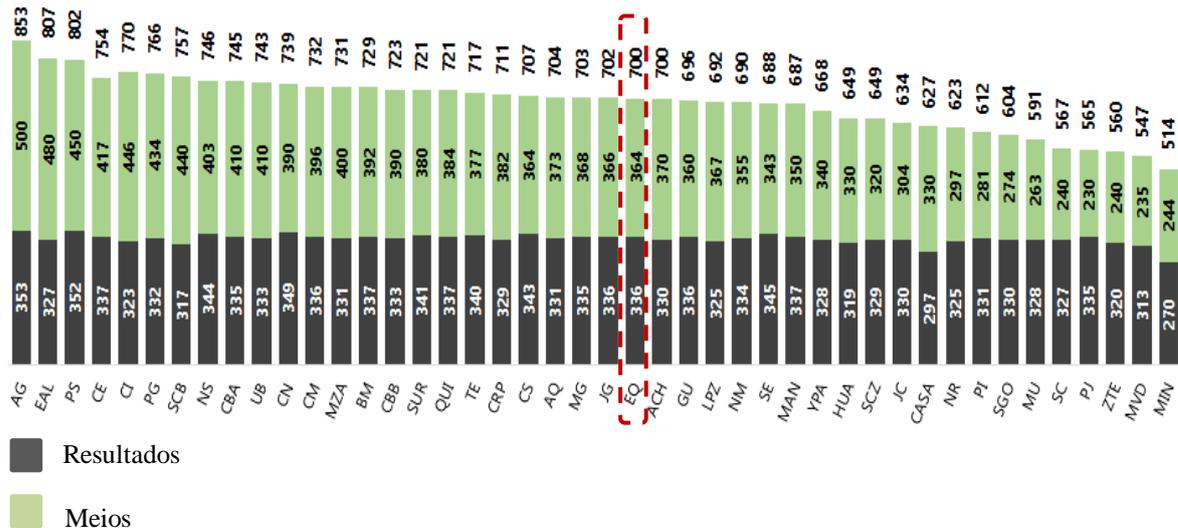
5. DESENVOLVIMENTO

5.1 Plan: Identificação do problema

A formulação do problema foi realizada em conjunto com o gestor da área, da analista de GGP e do especialista em perda de extrato da planta após a análise do resultado da remuneração variável da operação e do histórico do indicador que apresentava desvio em relação a meta estipulada. Após um levantamento dos dados de perda de extrato na cervejaria, verificou-se que historicamente o indicador tem a tendência de se manter acima da meta,

destoando muito dos valores apresentados por outras fábricas da companhia, o que tem comprometido sua localização no programa de reconhecimento das cervejarias da zona (ZEP), como ilustrado na figura abaixo em que a unidade se encontra em 24ª posição.

Figura 17 – Resultados da unidade em 2021.



O ZEP mede a excelência das cervejarias levando em conta a soma de duas classes principais, os Meios e os Resultados. Os Meios é uma classe que representa como a empresa fez para atingir os resultados e avalia o método aplicado durante o processo, esta etapa é medida por meio de auditorias e avalia sub-categorias como qualidade, segurança, gente, gestão, manutenção, meio ambiente, manutenção e logística. A categoria resultados avalia o atingimento de indicadores de controle pré-estabelecidos pela companhia, quanto maior o percentual de atingimento, maior a pontuação, a Figura 17 descreve bem essa afirmativa.

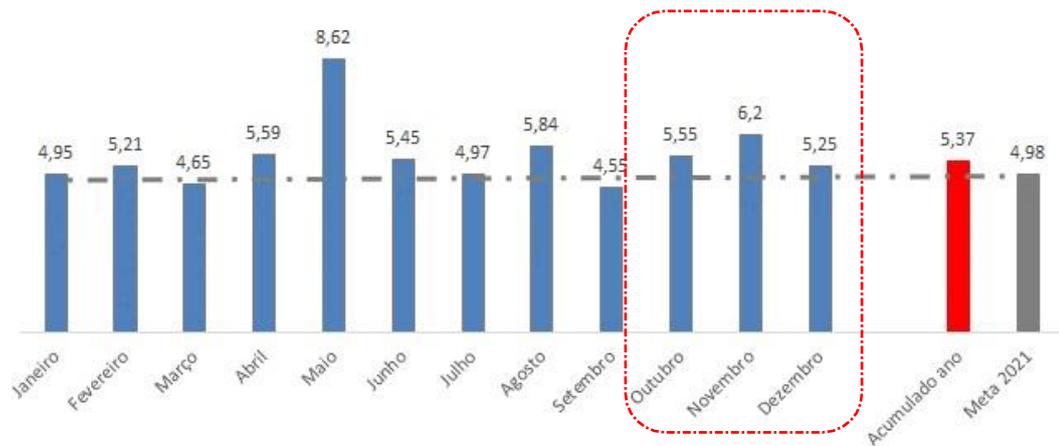
Este processo avaliativo para medir a excelência das unidades da empresa, é desafiador e de forma paralela, grande parte dos resultados das cervejarias dependem também do atingimento dos indicadores do programa de remuneração variável da operação (RVO) e a IPE é um deles.

Além da análise da posição da cervejaria no ZEP, também foi levado em consideração o fechamento de 2021 da RVO, pois por meio dele foi possível avaliar a performance dos indicadores do time do chão de fábrica, avaliar se todas as decisões tomadas ao longo do período surtiram efeito para o atingimento da meta maior, que era a conquista deste benefício. O cenário foi alarmante, conforme ilustra a figura 18.

A unidade conseguiu bater todos os indicadores do programa, por isso garantiu dois salários extras para a operação de linha de frente da fábrica, mas perdeu a perda de extrato e por isso não conquistou mais um, totalizando três salários. Um cenário que provocou descontentamento entre todo o time, pois existiam indicadores em que o seu atingimento era

A partir desses dados de fechamento de 2021, criou-se um gráfico, apresentado na Figura 16, com o objetivo de facilitar a visualização do índice de perda de extrato ao longo do ano e a dispersão entre resultado e meta, que será utilizado para acompanhar a evolução do indicador no decorrer do trabalho.

Figura 19 – Índice de perda de extrato em 2021.



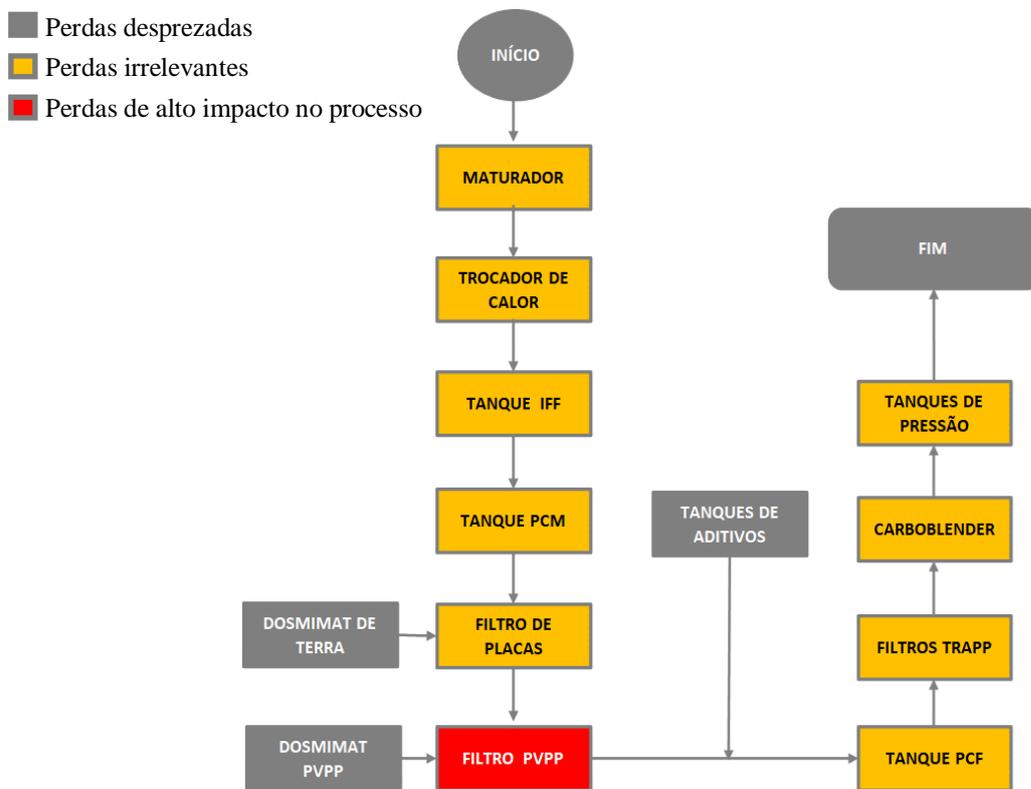
Fonte: Acervo da empresa (2022).

A meta estipulada de perda de extrato para o ano de 2021 era de 4,98 significando que todo o extrato perdido na cervejaria durante o ano não poderia ultrapassar esse valor. Os dados exibidos na Figura 19 revelam que estes números estavam substancialmente maiores, onde 67% dos pontos no gráfico ultrapassam a meta ao longo do ano e quando se faz um recorte no último trimestre do ano, 100% dos pontos estão fora da meta, com uma média anual de IPE igual a 5,57 e do último trimestre igual a. Considerando-se que a cervejaria em questão possui padrões de qualidade e significativo diferencial tecnológico em relação as demais no estado. Este é um número completamente acima do aceitável.

5.2 Plan: análise do problema

Para se obter uma maior compreensão acerca do problema, foi realizado, após acompanhamento em campo, um mapeamento em formato de fluxograma, mostrando o caminho que a cerveja percorria dentro da área de filtração e pontos potenciais de perdas ao longo do percurso. Esse fluxograma está exibido na Figura 20.

Figura 20 – Caminho da cerveja na filtração.



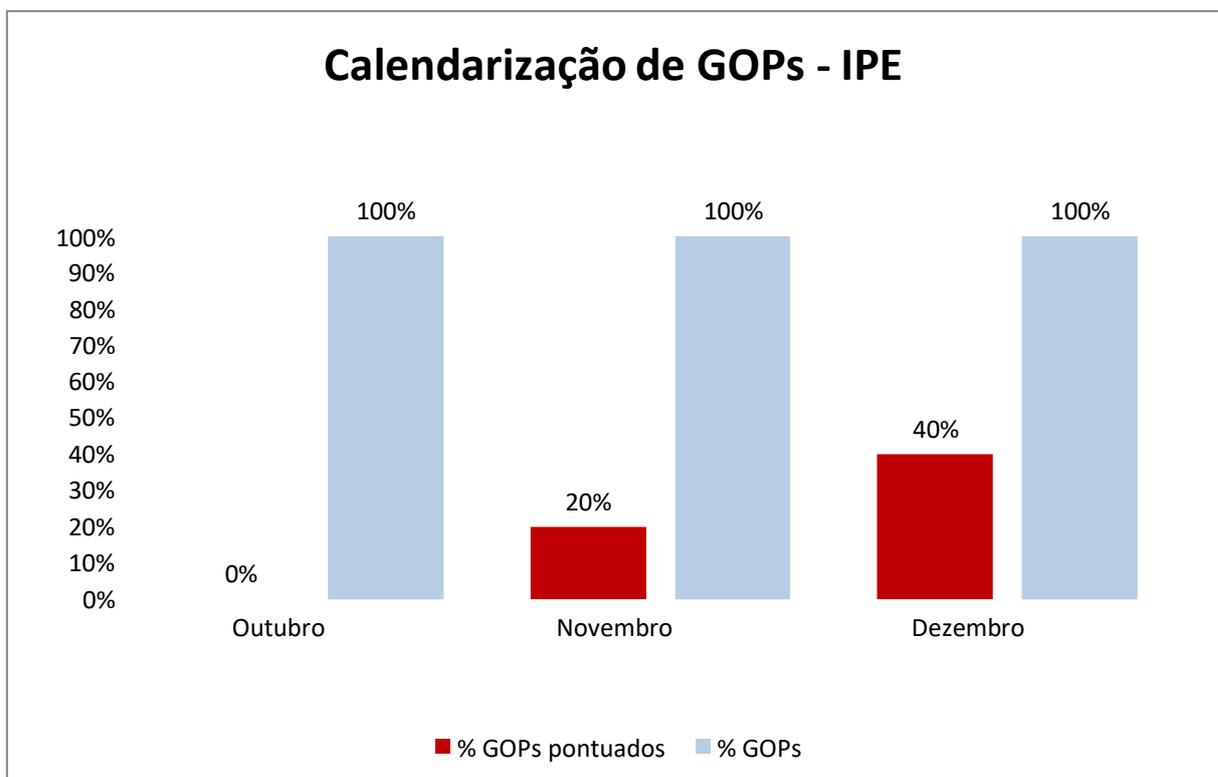
Fonte: Próprio Autor (2022).

Na figura acima é possível visualizar, além das etapas do ciclo de filtração, passando por todas as máquinas e processos, também os principais pontos de perdas. Para este estudo, como a área de trabalho foi delimitada, alguns pontos foram desprezados. É possível perceber no fluxograma, que embora existam outros pontos de impacto, eles são irrelevantes quando comparados ao filtro de placas (PVPP), de altíssimo impacto no indicador. Nesse último caso, isso ocorre pelos desvios no volume de ciclo médio de filtração, que podem ocorrer por diversos fatores.

Esse mapeamento mostrou-se importante no entendimento das particularidades do processo e de quais controles são necessários para se ter uma boa gestão da perda de extrato, visto que até então o time operacional estava desconectado das etapas do processo de filtração e conseqüentemente, de quais pontos poderiam gerar impactos negativos no índice.

Após o maior entendimento do processo, checkou-se a aderência das boas práticas operacionais compartilhadas entre as unidades da companhia, chamadas de GOPs (Good Operational Practices). A cervejaria possui um total de 58 GOPs relacionados a perda de extrato no processo e na área de filtração apenas 5, com diferentes pesos de acordo com a relevância em relação ao indicador, e o cumprimento destas boas práticas é de suma importância para o atingimento de bons resultados e da sua gestão correta.

Figura 21 – Aderência aos GOPs no último trimestre de 2021.

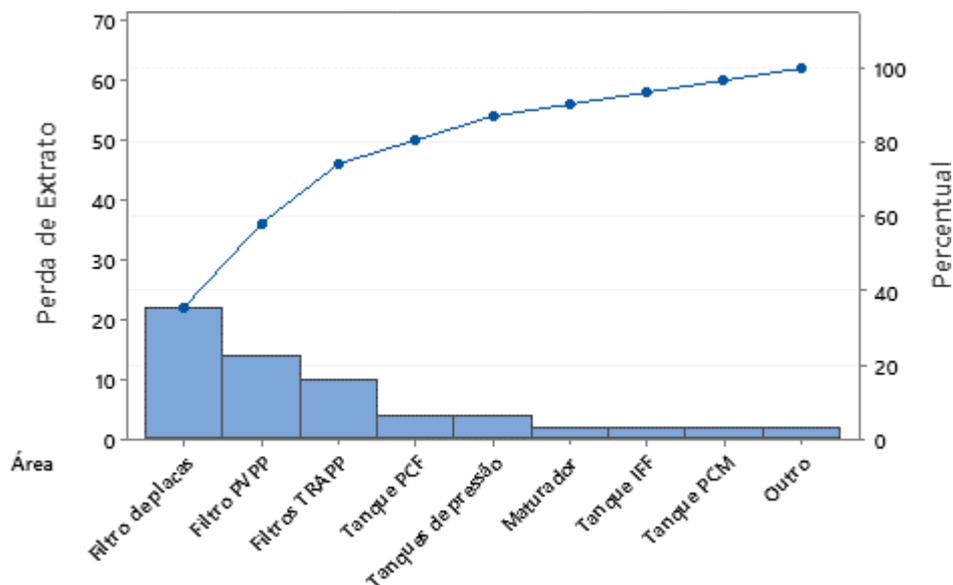


Fonte: Adaptado da cervejaria (2021).

As análises feitas no percentual de cumprimento das boas práticas no último trimestre mostraram um cenário alarmante, apontaram que embora seguisse uma tendência crescente de atingimento, ainda estava muito abaixo do necessário para o cumprimento de uma rotina de excelência, capaz de evitar ineficiências no processo. Dentre os GOPs de IPE na filtração, por exemplo, está o check diário se as operações de enchimento e esvaziamento dos tanques maturadores estão otimizados para garantir o mínimo de sobras do fluido cervejeiro. Uma rotina importante que não estava sendo cumprida.

Buscando identificar onde estavam as maiores perdas de extrato dentro da filtração, foi feito um gráfico de Pareto baseado no fluxograma apresentado anteriormente.

Figura 22 – Gráfico de Pareto com trechos com maior número de IPE.



Fonte: Adaptado da cervejaria (2021).

A análise do gráfico revelou que aproximadamente 80% das ocorrências aconteceram nos filtros da área, sendo o mais crítico o filtro de placas representando quase 40% do valor absoluto de toda a área, seguido do filtro PVP e dos filtros TRAPP. Juran (1992) dizia que é importante separar os poucos vitais dos muitos triviais e esta estratificação corroborou essa afirmativa, pois a identificação dos pontos de vital atuação, o filtro de placas e direcionou os próximos passos para uma investigação mais profunda do problema e suas causas raízes.

Identificado o ponto foco de atuação do trabalho para redução da perda de extrato, foi realizado com o time da área um brainstorming para a criação de um diagrama de Ishikawa com a finalidade de se entender qual a principal causa atrelada à uma perda de extrato mais elevada

no filtro de placas. Foi observado que nos 6M's da metodologia existiam muitos GAP's de treinamento e capacitação do time, que a coleta de dados manual era um ofensor para a aquisição de dados confiáveis, os operadores coletavam dados do volume de ciclo médio de filtração e digitavam, o que deixava um passivo para erros inerentes à mão de obra por falta de atenção, por exemplo.

Figura 23 – Diagrama de Causa e Efeito na filtração.



Fonte: Adaptado da cervejaria (2021).

Quanto ao Meio Ambiente, foi identificada a falta de espaço para armazenamento da cerveja no tanque de início ou final de filtração. A cerveja no início da filtração é mais diluída, pois a água presente no filtro pelo processo de limpeza será empurrada com cerveja para dar início ao processo e é mandada para o dreno para descarte pois possui quantidade de açúcares abaixo do estabelecido para ser considerada fluido cervejeiro. No meio da etapa de filtração o número de graus plato já está mais elevado, mas não suficiente para mandar este fluido para o tanque de pressão, então precisa seguir para o tanque IFF para ficar armazenada e aguardar dosagem de uma cerveja mais concentrada. A falta desse espaço de armazenamento aumenta a IPE, pois mais cerveja fora do padrão vai para o ralo, quando poderia ser tratada para seguir na linha produtiva.

Quando ao método, foi constatado o mindset predominantemente corretivo do time. Palavras como trocar e reparar estão muito presentes, enquanto a investigação da causa raiz do problema não estava recebendo a devida atenção. Já quanto a máquina, foi levantado pela operação o constante empenamento das placas do filtro KG onde as causas raízes ainda eram desconhecidas.

Observou-se que todas as vezes que um dos problemas descritos no diagrama ocorria, um indicador em específico era fortemente afetado, o volume de ciclo médio de filtração. Ele é um indicador do processo cervejeiro que representa o volume de cerveja filtrada respeitando o diferencial de pressão (ΔP) limite do filtro. Este indicador, embora granular não é mensurável com facilidade, pois um ciclo de filtração demora em média 24h para ser concluído, o que não é bom para a confiabilidade dos dados já que a amostragem dos dados fica limitada. Desta forma, por propriedade intelectual, o especialista do processo cervejeiro da fábrica sugeriu o acompanhamento de outros dois indicadores que tem forte correlação com o ciclo médio de filtração, são eles: tempo de fervura e momento de recolha. O software minitab foi utilizado para fazer a análise da correlação estatística de cada um destes indicadores para análise de seus resultados.

Após feitas as correlações dos indicadores com maior potencial de correlação com o volume de ciclo, buscou-se entender a causa raiz do empenamento das placas do filtro KG, já sinalizadas no diagrama de causa e efeito. Para tal, foi feito um 5Porquês pela operação onde foi identificado como gatilho um baixo volume do ciclo médio provocado pela turbidez elevada da cerveja, que fez com que o filtro desse passagem devido ao desgaste dos retentores e buchas por deterioração forçada.

O principal ponto de atenção observado nesta etapa foi o fato de o time não conseguir agir de forma preventiva para evitar o futuro empenamento das placas do filtro, já que todos os demais componentes do equipamento estavam dando sinal de fadiga. Nestes casos a aplicação do plano de manutenção do equipamento deveria ser checada e fazer parte da rotina. O empenamento das placas do filtro foi ocasionado pelo excesso de torta de trube, uma espécie de flocos formados por proteínas e polifenóis que coagularam na etapa de fervura e que deveriam ter sido removidas no decantador. No entanto isso não ocorreu, favorecendo um aumento de pressão dentro do filtro e deformando as placas do equipamento.

Além disso, as saídas foram ineficientes para garantir que este problema não ocorresse mais, a mudança na pré-capta é corretiva e a investigação dos parâmetros que provocaram a turbidez já deveria ser de fácil conhecimento do time, o que evidenciou mais uma vez uma falha na capacitação técnica.

Figura 24 – 5Porques para baixo volume de ciclo.

Departamento:		Linha/Área:	Equipamento: FILTRO KG F1
Descrição Anomalia			
Gatilho Atingido:	BAIXO VOLUME DE CICLO		
Medida corretiva			
Ordens de Manutenção:	SUBSTITUIR PEÇAS DA PARTE INFERIOR DO FILTRO		
Análise dos Porques			
Por que?	CICLO DE FILTRAÇÃO ABAIXO DEVIDO TURBDEZ DA CERVEJA ELEVADA;		
Por que?	FILTRO DANDO PASSAGEM DE CERVEJA MATURADA;		
Por que?	COMPONETES INTERNOS DO FILTRO DESGASTADOS (BUCHA, RETENTORES;		
Por que?	DETERIORIZAÇÃO FORÇADA;		
Por que?			
MÁQUINA <input type="checkbox"/>	MEIO AMBIENTE <input type="checkbox"/>	MÉTODO <input type="checkbox"/>	DETERIORIZAÇÃO Forçada <input type="checkbox"/>
MEDIDA <input type="checkbox"/>	MATERIAL <input type="checkbox"/>	MÃO DE OBRA <input type="checkbox"/>	Natural <input type="checkbox"/>
Comentários/ Ações :	<ul style="list-style-type: none"> - REALIZAR MUDANÇA NA PRE-CAPA; - INVESTIGAR OD's QUE TIVERAM RECORRENCIA DE TUBIDEZ; - 		

Fonte: Adaptado da cervejaria (2021).

A última etapa da metodologia deste trabalho foi a criação do plano de ação que também conclui a primeira etapa do ciclo PDCA, a etapa Plan. A elaboração desse, foi fruto de muita escuta ativa e retroalimentado durante quase um mês até que sua versão final, com ações que de fato fossem gerar resultados no processo fossem consolidadas pelo time de especialistas da cervejaria. Para o desenvolvimento do plano de ação, foi aplicada a metodologia 5W2H e todo o time foi treinado nas mudanças que ocorreram no plano de ação.

6. RESULTADOS E DISCURSÃO

Neste capítulo, serão observados os resultados acumulados dos números de IPE no primeiro trimestre de 2022, bem como a evolução do indicador volume de ciclo médio de filtração, com maior ênfase para os dados também do primeiro trimestre de 2022, dado que os resultados dos meses anteriores já foram analisados acima. Também será analisado a relação dos GOPs com a perda de extrato, e a diferença de cenário no início deste trabalho para o final do desenvolvimento dele.

6. 2 Evolução Perda de Extrato

A partir do início da execução dos planos de ação no mês de janeiro de 2022 e após os primeiros meses da fase inicial de identificação do problema e planejamento das ações, foi possível observar uma melhora gradual e constante do indicador, conforme as ações iam sendo implementadas e as novas rotinas operacionais iam sendo assimiladas pelos colaboradores.

Figura 25 – Comparação evolução da perda de extrato 2021 x 2022



Fonte: Acervo da empresa (2022).

Analisando o gráfico, observa-se que em todos os meses do primeiro trimestre subsequentes ao início das ações foram obtidas melhoras expressivas no indicador, com destaque ao mês de janeiro, que apresentou uma redução de 25% em relação ao mesmo mês do ano anterior e de 29% em relação ao último mês do último trimestre de 2021. Outra evolução positiva a ser observada é o fato de que todos os valores do último trimestre ficaram abaixo da meta estipulada de 4,5.

Desta forma, os resultados obtidos no primeiro trimestre do ano foram bastante satisfatórios, especialmente porque historicamente na cervejaria o indicador em questão havia estado abaixo da meta por três meses consecutivos. Esses resultados se devem ao fato de todas as ações terem sido implementadas até dezembro, como o projeto Pílulas de Conhecimento tocado pelo especialista de IPE da unidade a fim de nivelar o conhecimento técnico do time, tal como descrito na Figura 26, em que foi realizado um treinamento em campo para se entender a correlação certa entre a tempo de fervura do mosto e o impacto no volume de ciclo médio de filtração, que consequentemente impacta na IPE e foi um indicador selecionado para análise na metodologia.

Figura 26 – Pílulas de Conhecimento em campo

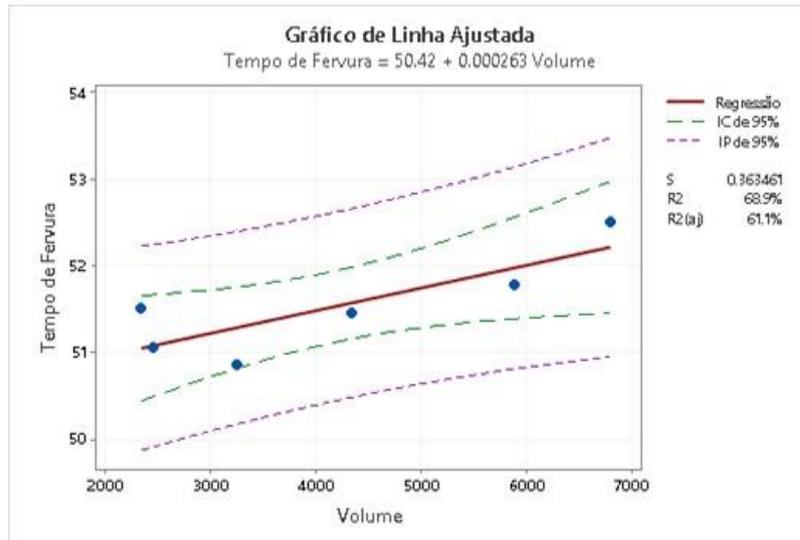


Fonte: Acervo da empresa (2022).

Por meio da correlação feita no Minitab foi possível realizarmos uma análise mais detalhada do comportamento do tempo de fervura. O índice de Pearson obtido foi de 0,041, sendo quase zero e mostrando falta de que não é possível determinar qualquer covariação entre

os dados. Além disso, o gráfico de dispersão foi feito, onde foi obtida a equação da reta e o $R^2=68,9\%$, um valor estatístico bem distante do aceitável.

Figura 27 – Diagrama de dispersão Tempo de fervura pelo volume de ciclo médio.



Fonte: Adaptado da cervejaria (2021).

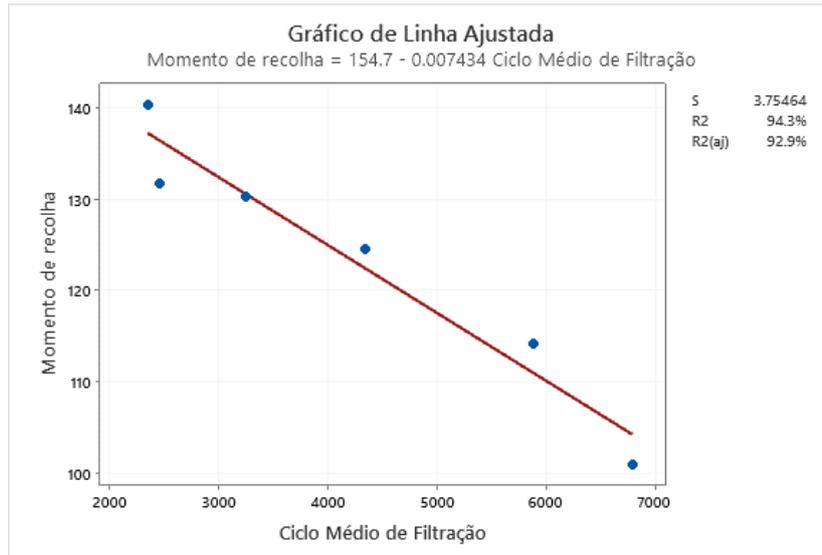
A correlação foi positiva e crescente, o que dá uma leitura de que à medida que o tempo de fervura aumenta o volume de ciclo de filtração aumenta. No entanto, precisa-se ter muito cuidado ao analisar-se estes dados, pois o que deve ser levado em consideração é o tempo ótimo de fervura já com o aumento do calor e da energia cinética das partículas que entrarão em choques, promovendo distribuição de massa essencial para o processo de decantação que ocorrerá mais a frente com o reagrupamento dessas partículas e formação de coágulos de proteínas e polifenóis quando o fluido passar por um trocador de calor e a temperatura baixar, o que irá facilitar a filtrabilidade, pois eles podem ser removidos antes do fluido passar pelo filtro. Todavia, com tempos de fervura muito extensos, além do ideal para cada tipo de cerveja, isso pode promover o aparecimento de defeitos sensoriais, como o sabor de queimado.

Foi observado neste caso que a modelagem estatística não corrobora a realidade e isto se deve a baixa margem de confiança nos dados coletados de forma manual pela operação, o que confere pouca precisão na acuracidade das informações. Diante deste cenário, frentes de tecnologia como um programa chamado SODA estão sendo implementadas na empresa, com a finalidade de automatizar a coleta e processamento dos dados.

Ao longo deste trabalho o momento de recolha também foi levantado como potencial IV para redução do volume de ciclo de filtração. Esse indicador mede o tempo médio que se demora para recolher o fermento da tina, pois quando não ele morre, aumenta o PH do meio e a concentração de células mortas, que mesmo passando pela centrífuga, pode impactar na

filtração com resquícios que poderiam ter sido barrados com o ato de recolher o fermento no tempo ideal.

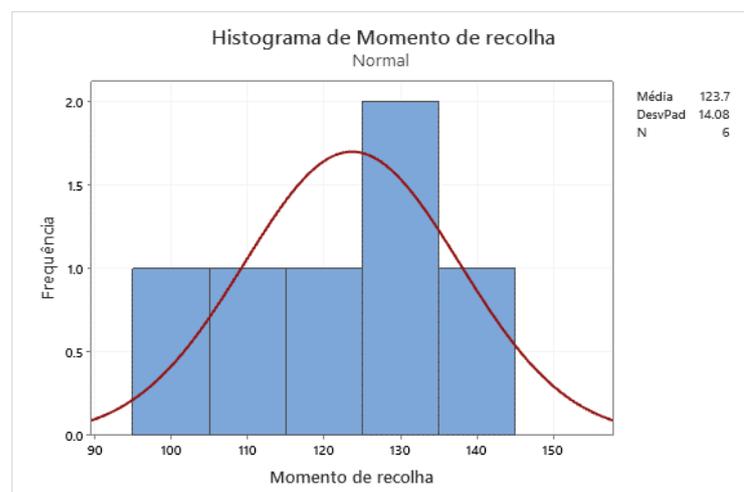
Figura 28 – Diagrama de dispersão momento de recolha pelo volume de ciclo médio.



O índice de Pearson obtido foi de -0,97, mostrando uma covariação inversamente proporcional entre os dados. Além disso, o gráfico de dispersão forneceu a equação da reta e o $R^2=94,3\%$, um valor estatístico muito próximo do aceitável. Comprovando a forte correlação entre o volume de ciclo e o momento de recolha.

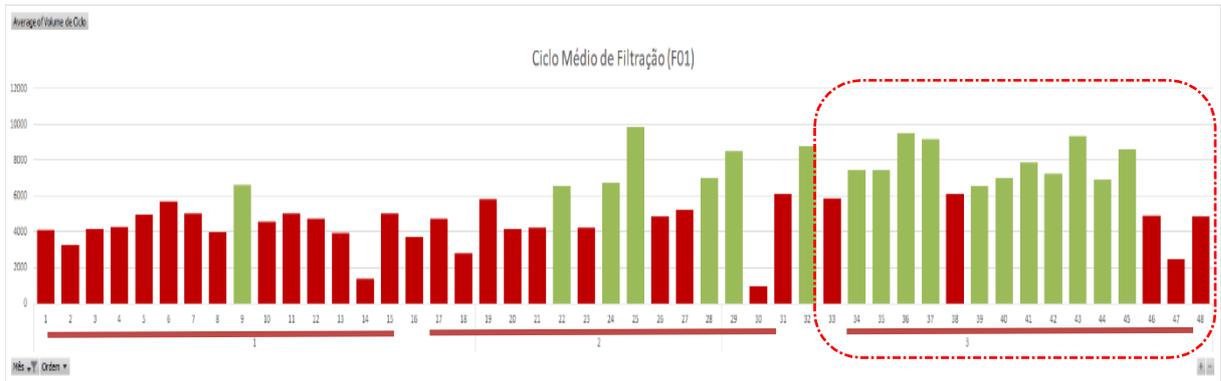
O histograma do momento de recolha também trouxe a informação sobre a forma que os dados coletados estão distribuídos. É evidente que o problema está mais relacionado ao valor médio do que sobre a variação dos dados.

Figura 29 – Histograma momento de recolha e volume de ciclo.



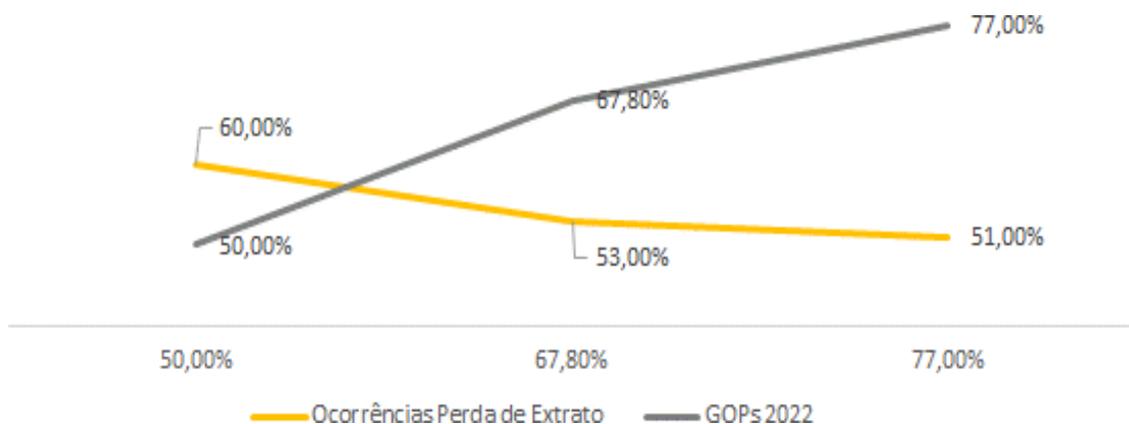
À medida que o plano de ação foi executado e que o time focado em solução de problemas passou a entender mais sobre o processo, também foi constatada melhora expressiva no indicador de volume de ciclo médio de filtração no primeiro trimestre de 2022 o que impactou positivamente no resultado de perda de extrato.

Figura 30 – Histograma momento de recolha e volume de ciclo.



Outro ponto observado de muita relevância foi o impacto do cumprimento dos GOPs no resultado do indicador. Ficou claro que à medida que o percentual de aderência a eles aumentava a perda de extrato reduzia. A constatação fidedigna de que rotina constrói futuro e de que aprendizado compartilhado constrói resultados consistentes. Já que os GOPs são as melhores iniciativas do corpo operacional desdobradas para todas as unidades do grupo da empresa.

Figura 31 – Percentual de execução dos GOPs pelo percentual de IPE.



7. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo buscar maneiras de reduzir a perda de extrato dentro da área de filtração na indústria cervejeira em que foi desenvolvido, visto que os impactos decorrentes dos elevados valores afetavam diversos resultados de elevada importância para a empresa, sendo um custo significativo e desnecessário de tempo e de talentos, uma vez que as pessoas não estavam capacitadas tecnicamente para resolver os problemas, passando por vezes mais tempo na cervejaria para tal. Além disso, o indicador colocou a cervejaria entre as piores no ranking da companhia.

Através dos passos do Ciclo PDCA, foram identificadas falhas e oportunidades de melhorias, e em seguida planejadas ações para saná-las. As ações executadas apresentaram resultados muito satisfatórios, tanto no que diz respeito à gestão do indicador e dos controles relacionados, quanto à redução da IPE, reduzindo em aproximadamente 18% o índice do indicador em relação ao último trimestre de 2021 e permanecendo abaixo da meta por três meses consecutivos pela primeira vez no histórico da cervejaria.

Parte dos resultados obtidos foram decorrentes do plano de treinamento por meio das pílulas de conhecimento, posto que até então não se tinham controles que fornecessem dados confiáveis e que medissem os tipos de devoluções de garrafas, o que dificultava a gestão correta e o planejamento de ações de tratamento, comprovando a importância de se ter uma gestão eficaz dos processos em um sistema produtivo.

Verificou-se também que o cumprimento das boas práticas operacionais compartilhadas entre as unidades da companhia influenciou diretamente na redução do indicador IPE, destacando a importância da padronização e do compartilhamento de ações que geram resultados consistentes para a manutenção desses bons resultados e para o tratamento de anomalias recorrentes.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, S. **Integração das Ferramentas da Qualidade ao PDCA e ao Seis Sigma**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2002. 234p.

AGUIAR, C. A. **Análise de Causa Raiz: levantamento dos métodos e exemplificação**. Dissertação de Mestrado, Universidade Católica do Rio de Janeiro. 2014.

ALVAREZ, R.R. Métodos de identificação, análise e solução de problemas: uma análise comparativa, Curitiba, 2007.

ANDRADE, F. F. O Método de Melhorias PDCA. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2013.

BRASIL. Instrução Normativa. 65, de 10 de dezembro de 2019. Estabelece os padrões de identidade e qualidade para os produtos de cervejaria. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Gabinete da Ministra, Brasília, DF, 12 dez. 2019. Disponível em: <<http://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-65-de-10-de-dezembro-de-2019-232666262>> Acesso em: 21/06/2022.

BORTOLI, D.A.S; SANTOS, F.S; STOCOCO, N.M; ORELLI JÚNIOR, A.A; TON, A; NEME, F.F; NASCIMENTO, D.D. Leveduras e Produção de Cervejas-Revisão. Bioenergia em revista: Diálogos, Piracicaba/Araçatuba, 2013.

CAMARGO, R. Diagrama de causa e efeito: conheça a eficiente metodologia dos 6Ms. **ROBSON CAMARGO Projetos e Negócios**, 2019. Disponível em: <https://robsoncamargo.com.br/blog/Diagrama-de-causa-e-efeito-como-usar-a-metodologia-dos-6Ms#:~:text=Nesta%20categoria%20ser%C3%A3o%20inseridas%20as,da%20metodologia%20de%20trabalho%20escolhido>. Acesso em: 09/10/2022.

CAMPOS, V. F. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia a dia**. 9ª ed. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

CAMPOS, V. F. **TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. 8. ed. Nova Lima, MG: INDG Tecnologia e Serviços Ltda. 256 p, 2014.

CONSULTORIA, J. 5W2H: a melhor metodologia para criar um plano de ação. **JR Consultoria UFPR**, 2020. Disponível em: https://jrconsultoria.com.br/5w2h/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=DSA_&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=11676030649%20115206976522&utm_term=%20&gclid=EA1aIQobChMIubazvvKo-AIVt0JIAB31vAgXEAAAYASAAEgIQf_D_BwE. Acesso em: 13/06/2022.

Controle da Filtração da Cerveja 11° / 90°. **Opteck**, 2022. Disponível em: <<https://www.optek.com/pt/cervejaria/controle-de-filtro.asp>>. Acesso em 23/07/2022.

CINTRA, Antônio Carlos de Araújo e GRINOVER, Ada Pellegrini e DINAMARCO, Cândido Rangel. **Teoria geral do processo**. São Paulo: Malheiros. Acesso em: 21 jun 2015.

CORRÊA, H.L.; CORRÊA, C.A. **Administração de produção e operações: Manufatura e serviços, uma abordagem estratégica**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2012.

CARVALHO, J.M. Interpretando o Diagrama de Dispersão. **8Quali Software para Gestão da Qualidade**, 2017. Disponível em: <https://www.8quali.com.br/interpretando-o-diagrama-de-dispersao/#:~:text=Correlação%20Nula%3A%20ocorre%20quando%20os.correlação%20aparente%20entre%20as%20variáveis>. Acesso em: 14/06/2022.

COUTINHO, Thiago. O que é Diagrama de Pareto? Conheça uma das mais importantes ferramentas da qualidade. **Voitto**, 2018. Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/diagrama-de-pareto>. Acesso em: 09/06/2022.

CHERYAN, M., ALVAREZ, J.R. Food and beverage industry application. In: NOBLE, R.D (Requisition Data)., STERN, S. A. (Ed). Membrane Separations Technology. Principles and Applications. Elsevier Science. 1995

DIAS, G.D. **Automação das etapas de mosturação e clarificação do processo de brassagem na produção de cerveja artesanal**. Monografia (Engenharia de Controle e Automação) – instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista. Sorocaba, p.16. 2020.

FALCONI, Vicente. Gerenciamento da rotina do Trabalho do dia – a – dia. São Paulo: INDG - Instituto de Desenvolvimento Gerencial, 2004.

FLUGEL SOBRINHO, J. C. **Manutenção x Produtividade: A importância da gestão da manutenção para o aumento da produtividade em uma indústria de manufatura de madeira**. 2012. 57 f. Monografia (Especialização) - Gestão Industrial, Produção e Manutenção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2012.

FURUKITA, Amanda Cristina. Aplicação do ciclo PDCA para redução do desperdício de embalagens de papelão: estudo de caso em uma indústria alimentícia. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2017.

GUIMARÃES, Gleison. 4 Passos SIMPLES e FÁCEIS para Implementar o CICLO PDCA em qualquer negócio. **Foco na Produção**, 2020. Disponível em: <https://foconaproducao.com.br/como-implementar-o-ciclo-pdca/>. Acesso em: 07/06/2022.

Juran on quality by design. Free Press 1992

KUNZE, W. Beer filtration: In Technology brewing and malting, 7th ed., 401–416. Trans. by T. Wainwright. Berlin: VLB Berlin, 1996

LINS, Bernardo FE. Ferramentas básicas da qualidade. *Ciência da Informação*, v. 22, n. 2, 1993.

MACHADO, Liliana Gonçalves. Aplicação da metodologia PDCA: etapa P (Plan) com suporte das ferramentas da qualidade. Trabalho de Conclusão de curso, Universidade Federal de Juiz de Fora. 2007.

MATTOSINHO, L. P. Indicadores de performance: 4 características que você deve saber. **CAE Treinamentos**, São Paulo, 10 de maio de 2019. Disponível em: <

<https://caetreinamentos.com.br/blog/gestao-empresarial/indicadores-performance/>>. Acesso em 23/07/2022.

MARTINELLI, F.B. **Gestão da Qualidade Total**. São Paulo: Alínea, 2019.

MELO, C. P.; CARAMORI, E. J. **PDCA Método de melhorias para empresas de manufatura – versão 2.0**. Belo Horizonte: Fundação de Desenvolvimento Gerencial, 2001.

MORAIS, Ana Carolina Silva de. **Implementação da ferramenta de Qualidade FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) no setor de solda TIG (Tungsten Inert Gás) na empresa Caloi Norte S/A**. Monografia (Especialização em Engenharia da Qualidade). DAAM. 2019.

NASCIMENTO, A. F. G. **A utilização da metodologia do ciclo PDCA no gerenciamento da melhoria contínua**. São João Del Rey, 2011. Monografia. Faculdade Pitágoras – Núcleo de Pós-Graduação e Instituto Superior de Tecnologia. São João Del Rey, 2011.

NETO, C. A. A., STEFENON, S. F., de OLIVEIRA, J. R., COELHO, A. S., VENÇÃO, A. T., KLAAR, A. C. R. Aplicação do 5W2H para criação do manual interno de segurança do trabalho. Revista ESPACIOS| Vol. 37 (Nº 20). 2016.

NEVES, T. F. **Importância da utilização do ciclo PDCA para garantia da qualidade do produto em uma indústria automobilística**. Juiz de Fora, 2007. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2007.

OAKLAND, John. S. **Gerenciamento da Qualidade Total**. São Paulo: Nobel, 1994.

OKAZAKI, V. H. A. **Material de apoio para a elaboração de monografia/TCC**. fev. 2013. Disponível em: < <http://okazaki.webs.com/>>. Acesso em: 25 abr. 2016.

OLIVER, G. Saccharification. In: OLIVER, G. **The Oxford companion to beer**. New York: Oxford University Press, 2012. p. 917.

OLIVEIRA, Kaique. Como utilizar os indicadores de controle e verificação para medir a performance da sua campanha. **Insightee**, São Carlos, 29 de junho de 2017. Disponível em: < <http://insightee.com.br/blog/como-utilizar-os-indicadores-de-controle-e-verificacao-para-medir-a-performance-da-sua-campanha-por-kaique-oliveira/>>. Acesso em: 23/07/2022.

Padrão Filtro de placa horizontal. **Spalklerfilters**, 2022. Disponível em: < <https://www.sparklerfilters.com/sparkler-information?lang=pt>>. Acesso em: 23/07/2022.

PETERS, T. **O círculo da inovação**. São Paulo: Harbra. 508 p, 1998.

PROCESSO de Produção. [S. l.]: **Fazendo Cerveja - Consultoria Cervejeira, 2021**. Disponível em: <https://www.fazendocerveja.com.br/processo-de-produ%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 4 nov. 2021.

REINOLD, M. R. Os Meios Filtrantes na Cervejaria, 2022. Disponível em: < <https://www.cervesia.com.br/artigos-tecnicos/tecnicos/processo-productivo-producao/filtracao/826-os-meios-filtrantes-na-cervejaria.html>>. Acesso em: 24/07/2022.

RODRIGUES, A. L. P. et al. A utilização do ciclo pdca para melhoria da qualidade na manutenção de shuts. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, Santa Catarina, v. 9, n. 18, p. 48-70, 2017.

ROTONDARO, R. G. **Seis Sigma: Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços**. 1ª ed. São Paulo: Editora Atlas S.A. 2002.

Sales, L., Souza, P. G. 2021. **Produção de cerveja do estilo Catharina Sour com Araçá-boi** (Eugenia stipitata McVaugh). *Brazilian J. of Develop*, 7 (1):1599-1613.

SANTOS, F.J.N. **Quebra de Extrato na Fabricação de Cerveja**. Tese de Mestrado em Engenharia Química e Biológica – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Lisboa. 2019.

SANTOS, T. **Desenvolvimento e Civilização: Homenagem a Celso Furtado**. In _____. *Construir soberania*. 1º ed. Rio de Janeiro: Editora CLASCO, 2021. P.1117.

SANTOS, W. A. **Ferramentas da Qualidade como diferencial estratégico: Uma pesquisa-ação sobre tele entrega de uma microempresa**. Monografia (Engenharia de Produção) - Centro Universitário Christus – UNICHRISTUS. Fortaleza, p. 78. 2021.

SILVA, Adriana Ribeiro. Viabilidade Econômica da Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás gerado em Estação de Tratamento de Efluente Industrial de Cervejarias. Tese de Mestrado, Universidade Federal do Maranhão. 2014.

SOUZA, Patrick Gomes de. Estudo do potencial biotecnológico do rizoma de Zingiber zerumbet L. Smith como adjunto na produção de cerveja artesanal. 2015. 71 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2015.

Sparks, Trevor; Chase, George (2015). *Filters and Filtration Handbook* (6ª ed.). Butterworth-Heinemann. ISBN 9780080993966.

TRIVELLATO, A. A. **Aplicação das sete ferramentas básicas da qualidade no ciclo PDCA para melhoria contínua: estudo de caso numa empresa de Autopeças**. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2010.

VASCONCELOS, D. S. C. A utilização das ferramentas da qualidade como suporte a melhoria do processo de produção- estudo de caso na indústria têxtil. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção. 29., 2009, Salvador. **Anais...** Salvador: Enegep, 2009. P. 1-15.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: MG. Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG. 312 p, 2012.

XENOS, H. G. **Gerenciando a manutenção produtiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade**. Nova Lima: Editora Falconi, 2004.

ZOIA, K. A. P. **Ciclo PDCA Aplicado na Manutenção de Sistema de Refrigeração**. 2018. 34 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.