



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA**  
**CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

**CAIO DE SANTANA HOLANDA**

**USO DE FERRAMENTAS DE TECNOLOGIA PARA AVALIAR A APLICAÇÃO DO  
CICLO DE SINER NA EFICIÊNCIA DE CIP DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE  
CERVEJA**

**FORTALEZA**

**2023**

CAIO DE SANTANA HOLANDA

USO DE FERRAMENTAS DE TECNOLOGIA PARA AVALIAR A APLICAÇÃO DO  
CICLO DE SINER NA EFICIÊNCIA DE CIP DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE  
CERVEJA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Química do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Química.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Luciana Rocha Barros Gonçalves.

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

H669u Holanda, Caio de Santana.

Uso de ferramentas de tecnologia para avaliar a aplicação do Ciclo de Sinner na eficiência de CIP do processo de produção de cerveja / Caio de Santana Holanda. – 2023.  
49 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Química, Fortaleza, 2023.

Orientação: Profa. Dra. Luciana Rocha Barros Gonçalves.

1. Ciclo de Sinner. 2. Contaminação microbológica. 3. Maturação. 4. Tecnologia. I. Título.

CDD 660

---

CAIO DE SANTANA HOLANDA

USO DE FERRAMENTAS DE TECNOLOGIA PARA AVALIAR A APLICAÇÃO DO  
CICLO DE SINER NA EFICIÊNCIA DE CIP DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE  
CERVEJA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Química do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Química.

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Luciana Rocha Barros Gonçalves (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Sebastião Mardônio Pereira de Lucena  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Ítalo Waldimiro Lima França  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, família e amigos.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço aos meus pais e ao meu irmão, por me ampararem nos momentos difíceis, por me apoiarem incondicionalmente minhas decisões e por sonharem meus sonhos junto comigo.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Luciana Rocha Barros Gonçalves, pela excelente orientação, empatia e valiosas sugestões.

À Ciclo Jr. e a todos que fizeram e ainda fazem parte desse legado, por me proporcionar uma vivência empresarial única ainda na Universidade, fomentado um desenvolvimento tanto profissional como pessoal ímpares. Como costumamos dizer: “Aqui não tem ninguém normal!”.

Às minhas “mães do coração”: Rose, Cláudia, Renata e Waleska, por desde pequeno terem prestado todo apoio na minha formação profissional e pessoal.

A todos meus colegas de trabalho, Nathalia, Hendryca, Danilo, Edvânia, Bruno, Vanessa, Thais, Gabriela e, em especial, Maria Thays, Rogério e Marcio Girão, que me ensinaram muito e confiaram no meu potencial para estar à frente desse projeto.

À todas as instituições responsáveis pela minha formação pessoal e educacional: Colégio Risco e Rabisco, Colégio Antares e Universidade Federal do Ceará.

Aos meus amigos do Porto, que estiveram ao meu lado nos melhores e mais intensos 6 meses da minha vida. Obrigado por terem sido minha família e por se fazerem presentes mesmo com a distância.

Aos meus amigos da faculdade, em especial, Gabriela Brasil, Paula, Samuel, Rhuan, Vitória e Larissa, que dividiram comigo as angústias e felicidades na vida universitária.

A Gabriela Rodrigues, que foi, desde o primeiro dia, minha dupla de trabalhos e laboratório. Sem dúvidas, a melhor pessoa para suportar meus surtos diários e dividir comigo as maiores conquistas.

Aos meus amigos do colégio, Eduarda, Marina, Rebeca, David, Alana, Bárbara e Mariana.

Aos meus amigos da igreja, majoritariamente Luna, Laysa, Maria Eduarda, Lucas, Lívia e Thamires, que me incentivam a crescer espiritualmente e a ser uma pessoa melhor a cada dia.

Aos meus amigos de vida, principalmente Maria Eduarda, Caio, Suely, Raissa e Sara que estiveram junto comigo em todas as etapas da minha vida. Vocês são os melhores!

A toda minha família, especialmente meus avôs, minhas avós e meus tios e tias pelo amor e apoio.

“A vida me ensinou a nunca desistir. Nem ganhar, nem perder, mas procurar evoluir.”  
(Charlie Brown Jr.)



## RESUMO

A cerveja é a bebida alcoólica mais consumida no mundo e originou-se há mais de 11 mil anos. Seu processo produtivo é complexo, lidando desde o recebimento correto de matérias-primas até o envase de um produto adequado para o consumo. Logo, faz-se necessário o controle das assepsias de tubulações, tanques e válvulas da instalação industrial, a fim de evitar a contaminação microbiana, a qual tem impacto direto na qualidade do produto final. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo explicitar a aplicação de ferramentas tecnológicas para o acompanhamento dos parâmetros do Ciclo de Sinner, bem como para a identificação de problemas relacionados ao seu cumprimento, com o objetivo de garantir a efetividade de limpeza de tanques maturadores em uma indústria de bebidas localizada no estado do Ceará. Para verificar tal efetividade, foi acompanhado o indicador de Micro Index, o qual foi projetado para fornecer uma medida de qualidade microbiológica de uma planta industrial. Esse indicador possui pontuação máxima de 100%, a qual sofre decréscimos conforme são encontradas contaminações em etapas específicas do processo de produção, sendo elas: mosto, fermento, fermentação, maturação, filtração, água e *packaging*. Dessa maneira, foi realizada uma análise mês a mês de cada etapa do processo de produção, com o intuito de identificar aquela que agregaria de forma mais significativa no indicador de Micro Index. Posteriormente, foram feitos estudos mais detalhados, como a porcentagem de contaminação por equipamento. Assim sendo, a maturação foi definida como etapa de processo crítica, uma vez que, no mês anterior à implementação do projeto (agosto de 2022), apresentava uma pontuação de apenas 14%. Dessa maneira, para tratar as anomalias mapeadas, visando diminuir as contaminações nessa etapa, foi aplicada a ferramenta “Notas de CIP”, a qual é capaz de mapear o cumprimento dos parâmetros relacionados ao Ciclo de Sinner após a realização de um CIP. A partir desse acompanhamento foram definidas ações para sanar as não-conformidades, criados planos de reação para cada tipo de problema, bem como mapeadas ações preventivas para evitar suas recorrências. Com a implementação das rotinas supracitadas, observou-se um aumento na pontuação da etapa de maturação para 78% em dezembro de 2022, indicando que os objetivos foram alcançados.

**Palavras-chave:** ciclo de Sinner; contaminação microbiológica; maturação; tecnologia.

## ABSTRACT

Beer is the most consumed alcoholic beverage in the world, it was created more than 11 thousand years ago. The production process is complex, dealing with everything from the correct receipt of raw materials to the packaging of a product suitable for human consumption. Therefore, it is necessary to control the asepsis of pipes, tanks and valves in the industrial installation, in order to avoid microbial contamination, which has a direct impact on the quality of the final product. Thus, the present work aims to explain the application of technological tools for monitoring the parameters of the Sinner Cycle, as well as for identifying problems related to its compliance. In this way, it is possible to guarantee the effectiveness of cleaning maturation tanks in a beverage industry located in the state of Ceará. To verify such effectiveness, the Micro Index indicator was applied, which was designed to provide a measure of the microbiological quality of an industrial plant. This indicator has a maximum score of 100%, which decreases as contamination is found in specific stages of the production process, such as: worth, yeast, fermentation, maturation, filtration, water and packaging. Then, a month-by-month analysis of each stage of the production process was carried out, with the aim of identifying the one that would most significantly increase to the Micro Index indicator. Subsequently, more detailed studies were carried out, such as the percentage of contamination by equipment. Therefore, maturation was defined as a critical process step, since in the month prior to project implementation (August 2022) it had a score of only 14%. Thus, in order to treat the mapped anomalies, aiming to reduce contamination in this stage, the “CIP Notes” tool was used, which is capable of mapping compliance with the parameters related to the Sinner Cycle after performing a CIP. Based on this monitoring, actions were defined to remedy non-conformities. Reaction plans were created for each type of problem, as well as preventive actions were mapped to avoid their recurrence. With the implementation of the routines, the maturation stage score increased to 78% in December 2022, indicating that the objectives were achieved.

**Keywords:** Sinner cycle; microbiological contamination; maturation; technology.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Oriente Médio Antigo .....	17
Figura 2 –	Telha egípcia antiga: da moagem de grãos ao embarrilamento da cerveja, Carlsberg - Israel Centro de Visitantes, Ashkelon, Israel.....	18
Figura 3 –	Fluxograma Geral do Processo de Produção de Cerveja, Construído Utilizando o Software Draw.io .....	20
Figura 4 –	Rampa de Temperatura na Mosturação .....	21
Figura 5 –	4 fatores de limpeza do Ciclo de Sinner.....	25
Figura 6 –	Eficácia de produtos em relação ao tipo de sujidade .....	25
Figura 7 –	Exemplo de cálculo de nota de CIP para condutividade.....	30
Figura 8 –	Meta vs Real mês a mês antes da implementação do projeto .....	33
Figura 9 –	Análise mês a mês das pontuações nas etapas do processo .....	34
Figura 10 –	Contaminação de Tanques Maturadores por Bactérias Anaeróbias no período de abril de 2022 a agosto de 2022.....	35
Figura 11 –	Contaminação por Tanque Maturador por Bactérias Anaeróbias no período de abril de 2022 a agosto de 2022.....	35
Figura 12 –	Situação inicial do Dashboard de CIP.....	37
Figura 13 –	Execução de Check de aspersores e de comutação de válvulas.....	40
Figura 14 –	5 Porquês para resolução de problemas de CIP .....	41
Figura 15 –	Meta vs. Real mês a mês para o indicador de Micro Index no ano de 2022....	42
Figura 16 –	Análise mês a mês das pontuações na etapa foco do processo e seus impactos no período de abril de 2022 a dezembro de 2022 .....	43
Figura 17 –	Contaminação de Tanques Maturadores por Bactérias Anaeróbias incluindo resultados pós-projeto .....	44
Figura 18 –	Contaminação por Tanque Maturador por Bactérias Anaeróbias incluindo resultados pós-projeto .....	44
Figura 19 –	Correlação entre Micro Index, Nota de CIP e Contaminação por Bactéria Anaeróbia no período de agosto de 2022 a dezembro de 2022 .....	45

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Temperatura e pH de atuação das enzimas .....	22
--	----

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Compensações entre parâmetros do Ciclo de Sinner.....	26
Quadro 2 –	Microrganismos relacionados à deterioração da cerveja comumente encontrados em cada etapa do processo de produção .....	27
Quadro 3 –	Off-flavours mais comuns associados à contaminação microbiológica.....	28
Quadro 4 –	Possíveis falhas e ações corretivas para atendimento dos parâmetros de CIP .	38
Quadro 5 –	Exemplo de divisão de atividades no quadro de reuniões.....	39

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CIP	<i>Cleaning in Place</i>
IV	Item de Verificação
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MI	Micro Index
PIB	Produto Interno Bruto
TP	Tanque de Pressão

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	14
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	16
<b>2.1</b>	<b>Gerais</b>	16
<b>2.2</b>	<b>Específicos</b>	16
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	17
<b>3.1</b>	<b>História da Cerveja</b>	17
<b>3.2</b>	<b>Processo Produtivo da Cerveja</b>	19
<b>3.2.1</b>	<i>Brassagem</i>	20
<b>3.2.2</b>	<i>Fermentação</i>	23
<b>3.2.3</b>	<i>Maturação</i>	24
<b>3.2.4</b>	<i>Filtração</i>	24
<b>3.3</b>	<i>Cleaning in Place (CIP) e Ciclo de Sinner</i>	24
<b>3.4</b>	<b>Contaminações Microbiológicas</b>	27
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b>	29
<b>4.1</b>	<b>Definição do Indicador Micro Index</b>	29
<b>4.2</b>	<b>Definição da Ferramenta</b>	30
<b>4.3</b>	<b>Análise de Dados dos Meses Anteriores</b>	30
<b>4.4</b>	<b>Rotina de Acompanhamento</b>	31
<b>4.5</b>	<b>Checagem dos Resultados</b>	32
<b>4.6</b>	<b>Padronização de Soluções</b>	32
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	33
<b>5.1</b>	<b>Análise Estratégica para Definição da Etapa Foco</b>	33
<b>5.2</b>	<b>Ações para Reduzir Contaminação na Maturação</b>	34
<b>5.3</b>	<b>Rotina de Verificação</b>	36
<b>5.4</b>	<b>Checagem dos Resultados</b>	41
<b>5.5</b>	<b>Padronização das Soluções</b>	45
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	46
	<b>REFERÊNCIAS</b>	47

## 1 INTRODUÇÃO

Em relação ao mercado cervejeiro no país, segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), responsável pela inspeção, fiscalização e regularização de estabelecimentos produtores de bebidas em território nacional, até o ano de 2019, o Brasil apresentou mais de mil estabelecimentos legalmente instalados. Isso justifica o fato de o país ser o terceiro maior fabricante mundial de cerveja, com 15,4 bilhões de litros produzidos por ano, gerando um faturamento de R\$ 77,00 bilhões de reais, equivalente a 2% do PIB (SINDICERV, 2019).

Conforme definido no art. 36, do Decreto nº 9.902, de 2019:

Cerveja é a bebida resultante da fermentação, a partir da levedura cervejeira, do mosto de cevada malteada ou de extrato de malte, submetido previamente a um processo de cocção adicionado de lúpulo ou extrato de lúpulo, hipótese em que uma parte da cevada malteada ou do extrato de malte poderá ser substituída parcialmente por adjunto cervejeiro (BRASIL, 2019).

A cerveja pode ser classificada por características como teor alcoólico, malte ou tipo de fermentação. No que concerne ao perfil do consumidor brasileiro, a cerveja do tipo Pilsener é a mais consumida, chegando a 98% do total ingerido. As principais características desse tipo são: sabor leve, cor clara e baixo teor alcoólico, entre 3% e 5% (SINDICERV, 2019).

É importante ressaltar também que, na indústria de cervejas, a presença de microrganismos deteriorantes nas linhas de produção, como leveduras selvagens, bactérias lácticas e acéticas devem ser evitadas, uma vez que esse tipo de contaminação pode acarretar alterações em propriedades físico-químicas e organolépticas.

Assim sendo, é de extrema importância a aplicação de técnicas para garantir o controle de qualidade, fazendo-se necessário o monitoramento constante da limpeza de todas as etapas do processo de produção.

Por conseguinte, desde a disseminação do conceito de indústria 4.0, o cenário competitivo do mercados de bebidas, dentre elas a cerveja, está cada vez mais pautado pelo uso de tecnologia como fator fundamental para o controle de parâmetros de qualidade, a resolução de problemas e o aumento da eficiência e produtividade de produção.

Dentre essas tecnologias, cabe citar o uso de ferramentas para a consolidação e análise de dados provenientes de transmissores de temperatura, vazão, pressão e condutividade de forma mais intuitiva, garantindo, assim, o monitoramento de parâmetros de efetividade de assepsia de acordo com os padrões estabelecidos por Sinner.



O acompanhamento por meio da utilização dessas ferramentas tecnológicas visa a redução de contaminação microbiana no processo industrial de produção de cerveja, a qual pode ser monitorada pelo indicador de Micro Index (Índice Microbiológico).

Nesse panorama, o presente trabalho tem como objetivo a implementação da ferramenta de “Notas de CIP” como forma de acompanhamento de parâmetros de assepsia para redução da contaminação microbiana em uma indústria produtora de bebidas localizada no estado do Ceará.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Gerais**

Explicitar a efetividade do uso de ferramentas tecnológicas para resolução de problemas relacionados à contaminação microbiana no processo de produção de cervejas em uma indústria de bebidas localizada no município de Aquiraz, Ceará.

### **2.2 Específicos**

Os objetivos específicos são:

- a) identificar e discutir ineficiências no processo de assepsia de tanques e seus impactos na contaminação microbiana;
- b) propor ferramentas tecnológicas para identificação e acompanhamento das anomalias identificadas;
- c) definir etapa foco para aplicação das ferramentas tecnológicas;
- d) realizar a padronização da solução de problemas com intuito de evitar sua reincidência;
- e) alavancar resultados do indicador estratégico de Micro Index da companhia.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 História da Cerveja

A produção e o consumo de bebidas alcoólicas nos remetem às origens das civilizações. Dentre elas, a cerveja possui destaque e é amplamente consumida até hoje (SILVA, 2019).

De acordo com Barth (2013), embora haja evidências anteriores relacionadas à produção de bebidas fermentadas, somente há cerca de cinco mil anos foi encontrado algum tipo de evidência: utensílios contendo oxalato de cálcio, assinatura química da produção da cerveja, foram descobertos em escavações feitas na cidade de pré-histórica chamada Godin Tepe, comprovando o consumo de um tipo mais rudimentar de cerveja pelos povos Sumérios, na região da Antiga Mesopotâmia, conforme mostrado na Figura 1.

Figura 1 – Oriente Médio Antigo



Fonte: Adaptado de Barth (2013).

Esse processo foi descoberto de forma acidental, uma vez que esses povos tinham fácil acesso a grãos de trigo e cevada e, em períodos chuvosos, esses cereais eram expostos à água, desenvolvendo uma espécie de mosto primário, bastante similar ao que temos hoje nas primeiras etapas de processo produtivo de cerveja (REDE PLAZA, 2021).

Dessa forma, esse mosto primitivo entrava em contato com leveduras selvagens presentes no ambiente, as quais iniciavam um processo de fermentação espontânea, quebrando as moléculas de glicose, produzindo álcool e dando cada vez mais forma à cerveja.

A fabricação de cerveja começou a se difundir na região da Mesopotâmia e do Egito. Para corroborar tais fatos, muitas esculturas descrevendo o processo de produção da cerveja foram encontradas, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Telha egípcia antiga: da moagem de grãos ao embarrilamento da cerveja, Carlsberg - Israel Centro de Visitantes, Ashkelon, Israel



Fonte: Barth (2013).

Logo após a chegada dessas práticas na Europa, os monastérios exerceram papel fundamental em sua expansão, uma vez que possuíam produção interna destinada majoritariamente ao consumo por parte dos monges, mas que abrangia também viajantes que se hospedavam em suas instalações.

No que tange à chegada da cerveja em território brasileiro, acredita-se que Maurício de Nassau, em suas expedições para o nordeste brasileiro, trouxe um especialista em cerveja

em seu navio. Logo, foi criada a primeira fábrica de cerveja das américas, a qual foi ganhando espaço aos poucos no mercado nacional, visto que o vinho e a cachaça ainda eram predominantemente consumidos, devido à influência portuguesa (OPA BIER, 2022).

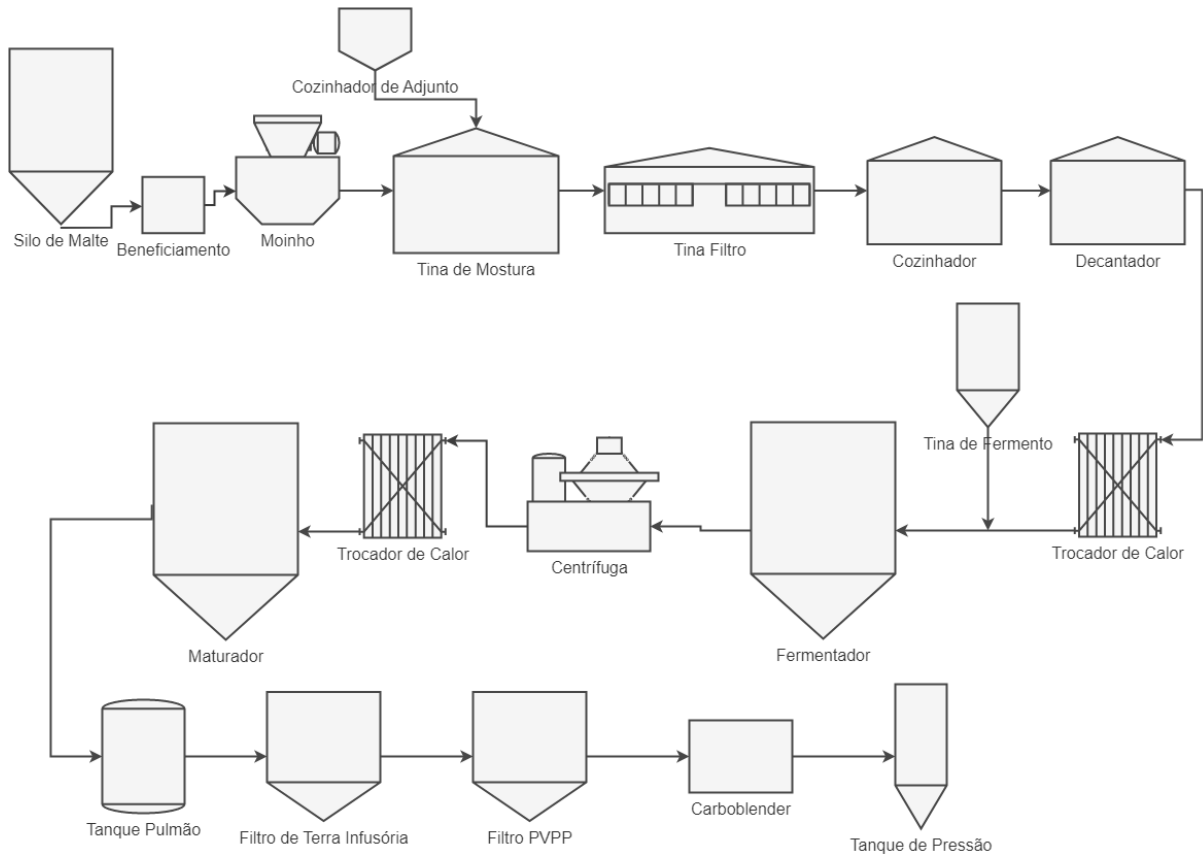
Já o surgimento de grandes cervejarias propriamente brasileiras deu-se no século XIX, com a fundação das marcas Antartica e Brahma. Em 1999, por meio da união entre estas, surge a AmBev (American Beverage Company), a qual, pouco tempo depois (2004), se fundiu com a companhia belga Interbrew, formando a InBev. Por fim, em 2008, a multinacional belgo-brasileira compra a cervejaria americana Anheuser-Busch, tornando-se a AB Inbev, a maior cervejaria do mundo (AMBEV, 2016).

### **3.2 Processo Produtivo da Cerveja**

A Legislação Brasileira, implementada pelo Ministério da Agricultura e Pecuária, Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, regulamentada pelo Decreto nº 9.902, de 2019, estabeleceu uma definição para a cerveja: é a bebida resultante da fermentação do mosto de cevada malteada por meio da levedura cervejeira, sendo adicionado lúpulo ou extrato de lúpulo durante o processo de cocção do malte (BRASIL, 2019).

A figura 3 demonstra, em linhas gerais, o processo de produção de cerveja, composto pelas seguintes etapas: brassagem, fermentação, maturação e filtração.

Figura 3 – Fluxograma Geral do Processo de Produção de Cerveja, Construído Utilizando o Software *Draw.io*



Fonte: Autor.

### 3.2.1 Brassagem

A etapa da brassagem tem como principal objetivo a cocção do malte, visando favorecer a quebra das moléculas de amido dos grãos, com intuito de formar açúcares de menor cadeia molecular, que podem ser fermentescíveis – utilizados pelas leveduras como substrato no processo de fermentação alcoólica – ou não fermentescíveis, responsáveis pelo corpo da cerveja (BRASIL, 2019).

Dessa forma, inicia-se o processo com o beneficiamento, com o objetivo de retirar partículas indesejadas da matéria-prima recebida, como palha, pó, pedras e partículas metálicas. Para tal finalidade são utilizadas peneiras de diferentes granulometrias e um grande ímã. Posteriormente, por meio de um *sprayball*, adiciona-se água a uma temperatura de aproximadamente 48 °C para umidificar o malte e facilitar o processo de moagem.

Durante o processo de moagem, dois rolos a uma distância de cerca de 0,45 mm são responsáveis por moer o malte, criando o macerado. Essa etapa tem impacto direto na

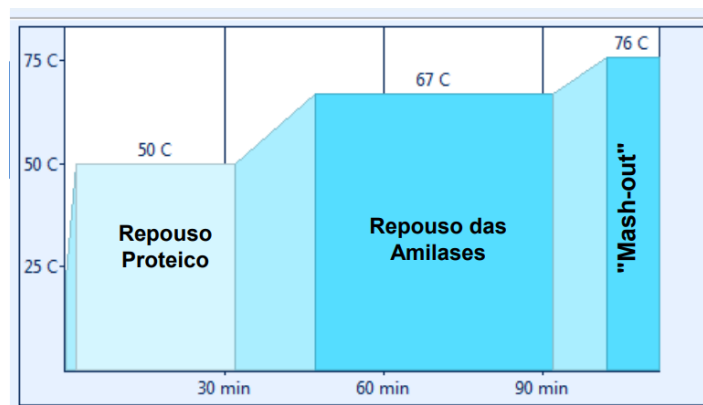
qualidade de filtração do mosto, uma vez que a casca do malte irá atuar como meio filtrante no interior da tina filtro.

Após a etapa de moagem, o macerado é direcionado para a tina de mostura, onde são dosados ácido fosfórico – que atua na estabilização do pH da mistura – e cloreto de cálcio, que auxilia a estabilização da enzima  $\alpha$ -amilase.

Além disso, são adicionadas enzimas complementares, que podem variar dependendo do tipo de cerveja a ser produzido. Como cada enzima possui um pH e uma temperatura ótima de atuação, deve-se seguir a Rampa de Mostura específica para aquela produção. A rampa consiste numa relação entre a temperatura e o tempo que o mosto permanece na tina de mostura.

Em geral, as rampas de temperatura da mosturação possuem três etapas principais: repouso proteico, repouso das amilases e *mash-out* (MUXEL, 2016).

Figura 4 – Rampa de Temperatura na Mosturação



Fonte: Muxel (2016).

Na etapa de repouso proteico, as proteases atuam na quebra das proteínas dos grãos de malte em aminoácidos, os quais serão importantes tanto para a nutrição das leveduras como para conferir corpo à cerveja. Essa etapa tem duração de 15 a 30 minutos e temperaturas variando de 45 °C a 55 °C (MUXEL, 2016).

Lopo após, tem-se a etapa de repouso das amilases, com duração de 30 a 45 minutos. A  $\beta$ -amilase apresenta temperatura de atuação entre 60 °C e 65 °C e é responsável por converter o amido em moléculas menores de carboidrato (em geral, maltose), as quais produzem um mosto ideal para uma cerveja mais alcoólica, menos encorpada e menos doce. Já a  $\alpha$ -amilase é ativada em temperaturas de aproximadamente 70 °C e atua na conversão das moléculas de amido em dextrinas, formando um mosto mais propício para a produção de uma cerveja menos

alcoólica, mais encorpada e mais doce. As temperaturas ótimas para atuação de cada enzima estão representadas na Tabela 1 (TSCHOPE, 2001).

Tabela 1 – Temperatura e pH de atuação das enzimas

<b>Enzimas</b>	<b>Temperatura Ótima (°C)</b>	<b>pH Ótimo</b>	<b>Substrato</b>
Hemicelulase	40 a 45	4,5 a 4,7	Hemicelulose
Exopeptidase	40 a 50	5,2 a 8,2	Proteína
Endopeptidase	50 a 60	5,0	Proteína
Dextrinase	55 a 60	5,1	Amido
Beta-amilase	60 a 65	5,4 a 5,6	Amido
Alfa-amilase	70 a 75	5,6 a 5,8	Amido

Fonte: Adaptado de Tschope (2001).

Por fim, tem-se a etapa de *mash-out*, que ocorre a temperaturas entre 75 °C e 79 °C, durante 10 minutos, e tem por objetivo a inativação das enzimas e o aumento da solubilidade do açúcar no mosto, aumentando o rendimento da brassagem. Logo, o mosto está pronto para seguir para etapa de filtragem (MUXEL, 2016).

Estando na tina filtro, a própria camada de cascas de malte atua como elemento filtrante. Este elemento deve possuir entre 4 e 8 polegadas de espessura para promover uma boa filtração (MOSHER, 2004). Logo, forma-se o mosto primário, o qual é proveniente da filtração do mosto proveniente da tina de mostura. Após sua extração, inicia-se a lavagem do bagaço com água, com o objetivo de retirar da casca todo o extrato ainda presente. O resultado desse processo é chamado mosto secundário.

Em seguida, o mosto é aquecido a uma temperatura de aproximadamente 100 °C, com o intuito de destruir a flora microbiana que resistiu ao processo de mosturação. Além disso, as proteínas são coaguladas, formando o *trub* (CEREDA, 1983). É nessa etapa que o lúpulo é adicionado com o objetivo de estabilizar o mosto, bem como de prover características de amargor à cerveja.

Por fim, terminada a fervura, elimina-se o *trub* por decantação e resfria-se o mosto a uma temperatura de aproximadamente 15 °C. Em seguida, injeta-se oxigênio no mosto pela linha de saída do trocador de calor, a fim de aumentar a concentração de oxigênio dissolvido no meio (BORTOLI *et al.*, 2013).

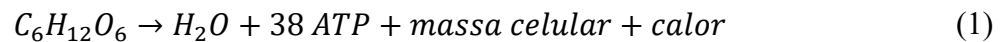


### 3.2.2 Fermentação

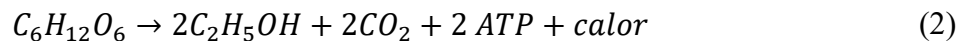
A fermentação é uma das etapas mais críticas do processo, uma vez que é realizada em temperaturas mais baixas, tornando o risco de contaminação consideravelmente maior. Portanto, as técnicas para esterilização, limpeza e sanitização devem ser corretamente aplicadas. Essas contaminações são extremamente prejudiciais para a qualidade do produto final, uma vez que podem causar principalmente desvios de sabor (*off-flavour*) (TOSTES, 2013).

Inicialmente, as leveduras, armazenadas nas tinas de fermento, são dosadas juntamente ao mosto que teve origem na brasagem, dando início à etapa de fermentação. Esse processo pode ser dividido em dois momentos: primeira e segunda fase de fermentação.

A primeira fase de fermentação tem duração de aproximadamente 36 horas (TOSTES, 2013) e é realizada a temperaturas de 10 °C (MOSHER, 2004). Nessa fase, ocorre a formação de diacetil e há uma elevada multiplicação celular, promovida pela presença de oxigênio injetada no mosto frio, tornando o meio aeróbio. A Equação 1, representada abaixo, mostra a reação metabólica que favorece a multiplicação das leveduras.



Desse modo, com o oxigênio consumido, inicia-se a etapa da fermentação alcoólica. Essa fase pode ter duração de dois a dez dias (TOSTES, 2013) e é realizada a temperaturas próximas a 15 °C. Nesse momento, quando o O<sub>2</sub> se torna escasso, a levedura passa a metabolizar os açúcares fermentescíveis de forma anaeróbia, favorecendo a formação de álcool e CO<sub>2</sub> no meio, conforme representado pela Equação 2.



É importante salientar ainda que o CO<sub>2</sub> produzido durante a fermentação é enviado ao setor de utilidades para ser beneficiado a uma pureza superior a 99%, retornando ao processo de produção para carbonatação da cerveja e para a realização do colchão de CO<sub>2</sub> nos tanques de pressão. Por fim, atingidos os parâmetros de fermentação, o tanque é resfriado a uma temperatura de 7 °C, com o intuito de interromper o processo de fermentação, e o fermento é recolhido novamente para as tinas de estocagem. É válido ilustrar que o fermento possui um número máximo de reutilizações. Após atingi-lo, deve ser descartado.

### 3.2.3 Maturação

Antes de se iniciar propriamente o processo de maturação, a cerveja fermentada passa por um trocador de calor e é direcionada para a centrífuga. No trocador de calor, a cerveja é resfriada a uma temperatura de  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a fim de favorecer a sedimentação de células em suspensão residuais, bem como de evitar a formação de espuma durante a centrifugação (MOSHER, 2004).

Após passar pela centrífuga, a cerveja chega ao tanque maturador, onde é armazenado a uma temperatura de aproximadamente  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  (MOSHER, 2004). O principal objetivo dessa etapa é reduzir a turbidez, por meio da sedimentação de substâncias turvadoras. Porém, também é de fundamental importância que os sabores e aromas da cerveja se equilibrem. Logo, nessa etapa são feitas algumas análises de controle liberatório, como  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ , cor, amargor, extrato e álcool estabelecidas pela companhia (TOSTES, 2013).

### 3.2.4 Filtração

A filtração tem como principais objetivos: eliminar turvações, leveduras e resinas de lúpulo; minimizar a presença de polifenóis e de proteínas que ocasionem a turvação e melhorar o brilho e estabilidade organoléptica da cerveja.

Dessa forma, para que a filtração possa ocorrer de forma eficaz e contínua, faz-se uso de tanques-pulmão intercalados com uma série de filtros. Em seguida, o produto é direcionado para o *carboblender*, onde são adicionados água desaerada e  $\text{CO}_2$ , com o intuito de realizar a carbonatação e diluição da cerveja, a qual ainda se encontra em sua forma concentrada.

Posteriormente, a cerveja é enviada para os Tanques de Pressão (TPs), onde é armazenada. Além disso, são feitos os controles de qualidade finais no que tange ao processo de produção, garantindo um produto dentro das especificações de produção para ser enviado ao setor de envase.

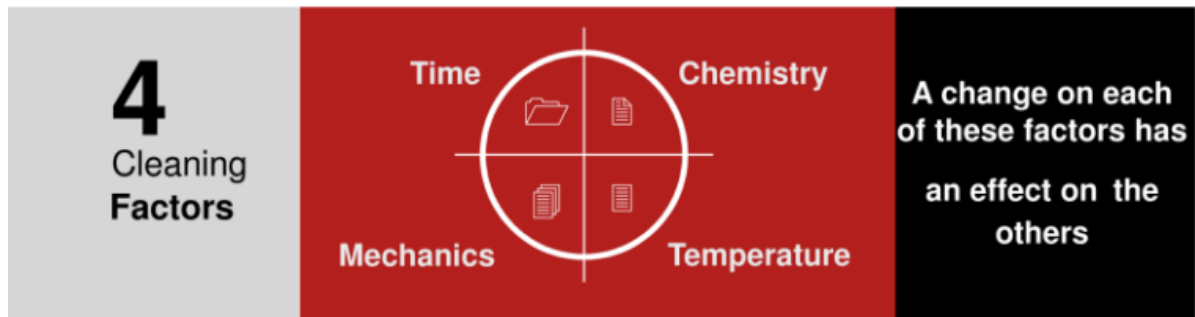
## 3.3 *Cleaning in Place* (CIP) e Ciclo de Sinner

O CIP trata-se de um conceito de higienização das superfícies internas de equipamentos, majoritariamente tanques e tubulações, sem que haja necessidade de desmonte. Isso impacta diretamente, de forma positiva, na produtividade em indústrias de alimentos e bebidas (GARCIA *et al.*, 2015).

O objetivo principal de um CIP é a eliminação de resíduos orgânicos e inorgânicos, como precipitados de proteínas e gorduras remanescentes no equipamento, os quais tornam o meio propício para a proliferação de bactérias e fungos capazes de conferir características indesejadas ao produto.

Sendo assim, com intuito de realizar o CIP de maneira mais eficiente, por meio da redução do custo de tempo (parada de produção) e temperatura (custos de energia), em 1960, Dr. Herbert Sinner, estabeleceu uma relação entre os principais parâmetros que influenciam em qualquer limpeza, sendo estes: ação mecânica, ação química, temperatura e tempo (Figura 5) (QUIMINAC INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA, 2012).

Figura 5 – 4 fatores de limpeza do Ciclo de Sinner



Fonte: HALAG CHEMIE AG (2023).

Além disso, as variáveis de limpeza possuem um relacionamento interdependente e complementar, logo podem ser combinadas de maneiras diferentes, a fim de se adequarem ao material das superfícies a serem limpas e ao tipo de sujidade existente, por exemplo. A Figura 6, representada a seguir, ilustra a eficácia de alguns produtos químicos com base no tipo de sujidade.

Figura 6 – Eficácia de produtos em relação ao tipo de sujidade

Ingredientes	Proteínas	Minerais	Amido	Taninos	Gordura	Legenda	
						Símbolo	Impacto
Álcali	++	--	+/-	+/-	+/-	++	Alto
Ácido	+/-	++	--	--	--	+/-	Médio
Enzimas	++	--	++	--	++	--	Baixo
Agente Oxidante	++	--	++	++	+/-		

Fonte: Adaptado de HALAG CHEMIE AG (2023).

Dessa forma, é importante ressaltar que, caso um dos fatores seja reduzido, outros poderão aumentar para compensá-lo. Alguns exemplos estão citados no Quadro 1 apresentado abaixo.

Quadro 1 – Compensações entre parâmetros do Ciclo de Sinner

<b>AÇÃO</b>	<b>BENEFÍCIO</b>
Aumento do tempo de contato do produto químico	Redução da ação mecânica ou da concentração do produto químico
Aumento da concentração do produto químico	Redução da ação mecânica ou do tempo de contato do produto químico
Aumento da temperatura de aplicação do produto químico	Redução da ação mecânica ou da concentração do químico
Aumento da ação mecânica	Redução da concentração ou do tempo de contato do produto químico

Fonte: Adaptado de Quiminac Indústria e Comércio LTDA (2013).

Porém, cabe ressaltar que cada equipamento ou linha de uma planta industrial tem uma peculiaridade e requer uma “receita” específica. Por isso é tão importante o conhecimento de cada variável, bem como das especificações de processo e produto em questão.

Para explicitar de forma mais clara cada um dos fatores do Ciclo de Sinner, segue uma breve descrição de cada um deles:

a) **Ação Mecânica:** é obtida pelo esforço mecânico do fluido sobre a superfície dos equipamentos. Em geral, para tanques, essa ação é promovida por meio de *sprayballs* ou de aspersores rotativos. Porém, no caso de tubulações, para intensificar a ação mecânica, adota-se o uso da circulação das soluções em regime de escoamento turbulento. É importante também ilustrar que definições indevidas para esse parâmetro podem causar avaria da superfície a ser limpa;

b) **Ação Química:** corresponde ao conjunto de produtos químicos que irão circular nos equipamentos. Dessa forma, devido à composição complexa e sempre variável dos resíduos, não existe um agente de limpeza universal que seja capaz de remover tudo, a maioria é utilizada na forma de misturas formuladas. Além disso, cabe ressaltar que se trata de um fator crítico, uma vez que o uso de substâncias inadequadas pode ocasionar corrosão do material a ser limpo;

- c) Temperatura: influencia na eficiência do produto químico utilizado, ainda que não seja um fator determinante. Por exemplo, água aquecida utilizada na dissolução de produtos detergentes potencializa o poder de detergência e emoliência;
- d) Tempo: diz respeito ao tempo no qual cada produto atuará sobre a superfície a ser limpa. Logo, manipulando valores para se obter um menor tempo, reduz-se o tempo de parada de produção para limpeza de equipamentos.

### 3.4 Contaminações Microbiológicas

No contexto da indústria de bebidas, um grande desafio a ser enfrentado é o controle de qualidade do processo, atuando para evitar ao máximo contaminações do produto final, uma vez que a bebida será ingerida pelo consumidor.

Dessa maneira, o processo de produção de cerveja também enfrenta esses desafios. O produto pode acabar contendo microrganismos indesejados originários de diversas fontes e que podem ser agregados em qualquer etapa do processo produtivo, desde o recebimento até o envase. Alguns exemplos de microrganismos encontrados comumente em cada etapa do processo estão explicitados no Quadro 2.

Quadro 2 – Microrganismos relacionados à deterioração da cerveja comumente encontrados em cada etapa do processo de produção

ESTÁGIO	MICROORGANISMOS
<b>Mosto</b>	<i>Pediococcus, Bacillus, Rahnella</i> e enterobactérias
<b>Fermentação</b>	Leveduras selvagens, <i>Pediococcus, Selenomonas, Zymophilus, Rahnella, Obesumbacterium</i> e enterobactérias
<b>Maturação e Adega de Pressão</b>	Bactérias produtoras de ácido láctico, <i>Pectinatus, Megasphaera, Zymomonas, Micrococcus</i> , leveduras selvagens e enterobactérias

Fonte: Adaptado de Silva (2019).

Além disso, elevadas concentrações de etanol, adição de lúpulo de amargor, meio pobre em nutrientes e altas concentrações de CO<sub>2</sub> são fatores que desfavorecem a proliferação de microrganismos. Ainda assim, bactérias ácido lácticas, bactérias ácido acéticas e leveduras selvagens são frequentemente incorporadas no processo de produção.

Esse tipo de contaminação é extremamente prejudicial para a qualidade do produto, uma vez que promove a formação de biofilme nas tubulações, ocasiona turbidez, bem como confere odores desagradáveis e *off-flavours* ao produto acabado.

Logo, dois indicadores principais são responsáveis pela detecção de problemas de contaminação, sendo eles: *sensory* e Micro Index.

*Sensory* diz respeito à avaliação de aspectos sensoriais e físico-químicos da cerveja. Algumas das principais causas, bem como os defeitos sensoriais que podem causar, prejudicando o indicador *sensory*, estão ilustrados no Quadro 3 abaixo:

Quadro 3 – Off-flavours mais comuns associados à contaminação microbiológica

<b>NOME</b>	<b>SABOR ASSOCIADO</b>	<b>ORIGEM</b>
<b>Diacetil</b>	Manteiga	Padrões de higiene inadequados
<b>Ácido Sulfúrico</b>	Ovo Podre	Padrões de higiene inadequados
<b>Dimetil Sulfeto</b>	Milho Cozido	Bactérias contaminantes presentes no processo de fermentação
<b>2 - Etilo de Fenol</b>	Terra Molhada	Contaminação microbiana na água cervejeira
<b>Ácido Butílico</b>	Vômito de Bebê	Contaminação microbiana pelo incorreto armazenamento de matérias-primas

Fonte: Nunes (2021).

Já o Micro Index visa a mensuração quantitativa da contaminação microbiológica em pontos estratégicos do processo. Este é mensurado em porcentagem e apresenta um valor de 100% quando as amostras coletadas em todos os pontos requisitados se apresentam ausentes de microrganismos contaminantes. Logo, essa porcentagem vai sendo reduzida a cada não-conformidade encontrada.

## 4 METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido em uma indústria de bebidas localizada na região metropolitana da cidade de Fortaleza – Ceará. O estudo consiste na utilização da ferramenta Notas de CIP para alavancar resultados de Micro Index por meio da avaliação da eficiência de limpeza de tanques maturadores.

### 4.1 Definição do Indicador Micro Index

O Micro Index Cerveja foi projetado não apenas para fornecer uma medida da qualidade microbiológica de uma instalação de produção, mas também para ser uma ferramenta preditiva e proativa que pode ser usada no gerenciamento da qualidade. Dessa forma, a pontuação geral do índice é chamada de Plant Micro Index e possui uma pontuação que varia de 0% a 100%, podendo também ser representada por números racionais variando de 0 a 100.

As etapas do processo que compõem esse indicador são: mosto, fermento, fermentação, maturação, filtração, água e *packaging*. A pontuação de cada área começa em 100% e reduz com base nos tipos e quantidades de contaminações presentes.

A fórmula para o cálculo do Micro Index da unidade fabril é definida na Equação 3 a seguir:

$$Plant\ Micro\ Index = \frac{\left[ Mosto \times Fermento \times Fermentação \times Maturação \times \frac{(Água + Filtração)}{2} \right] + Packaging}{2} \quad (3)$$

Além disso, as pontuações de *packaging* são divididas em pré-pasteurizador e pós-pasteurizador, representado 35,00% e 65,00% da pontuação total dessa área, respectivamente. Logo, considerando o pior cenário possível, no qual todas as amostras, exceto as pós-pasteurizador, sejam contaminadas, o Plant Micro Index assume o valor de 32,50% ou 32,50.

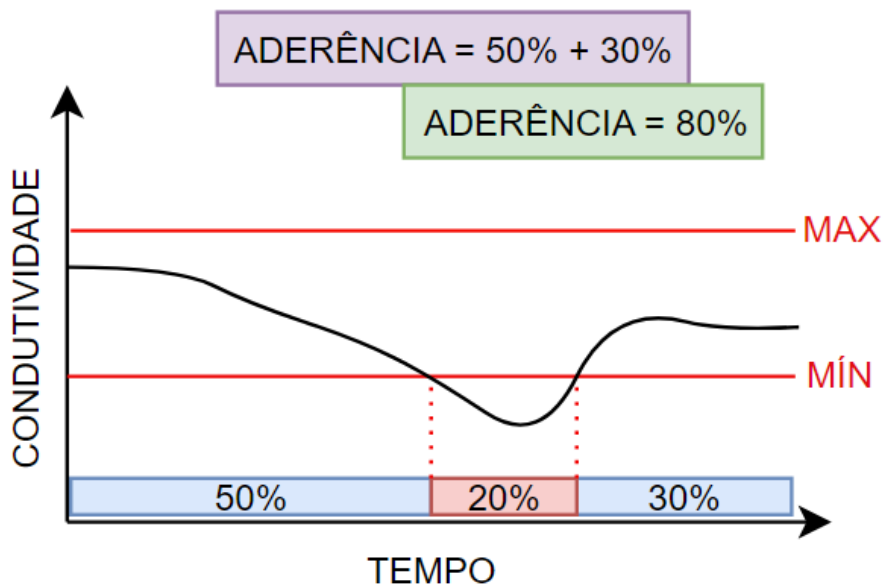
É importante ressaltar ainda que etapas iniciais do processo de produção possuem grande relevância, uma vez que, se apresentarem contaminação, as coletas das etapas seguintes também estarão contaminadas.

## 4.2 Definição da Ferramenta

Como parte da estratégia da companhia, foi criada uma ferramenta chamada Notas de CIP, que visa quantificar a aderência dos nossos fatores de limpeza à uma receita pré-estabelecida, a qual leva em consideração os parâmetros do Ciclo de Sinner para garantir uma limpeza otimizada dentro das margens de custo e de produtividade. Logo, esta foi a ferramenta utilizada nesse estudo.

A Nota de CIP de um determinado equipamento é dada pela média da pontuação de cada etapa que compõe o CIP. Já o cálculo de cada parâmetro específico de uma etapa é dado pela porcentagem de tempo no qual ele permanece dentro das faixas de especificação. A Figura 7 mostra um exemplo didático para melhor entendimento do cálculo.

Figura 7 – Exemplo de cálculo de nota de CIP para condutividade



Fonte: Autor.

## 4.3 Análise de Dados dos Meses Anteriores

Com o cálculo do Micro Index de uma planta industrial já estabelecido, nessa etapa foram analisados os dados de fechamento mensais desse indicador no período entre o segundo e o terceiro trimestre de 2022, com intuito de definir uma etapa foco, na qual seria aplicada a ferramenta de notas de CIP.



Dessa forma, com a definição da etapa foco, foi feita a análise de dados mais específicos, como porcentagem de contaminação por equipamento, com o intuito de obter resultados mais efetivos.

Outrossim, é importante salientar que tanto os dados de fechamento mensal do Micro Index como as pontuações de cada etapa nos meses anteriores foram obtidos pelas ferramentas oficiais de gestão de informação da companhia.

#### **4.4 Rotina de Acompanhamento**

Definida a etapa foco, foi decidido que o Item de Verificação (IV) de Notas de CIP seria acompanhado uma vez por dia, durante os dias de semana (segunda a sexta), nas reuniões de produtividade, nas quais são abordadas pautas de qualidade, segurança, produtividade e manutenção. Dessa forma, é responsabilidade do operador iniciar uma investigação no tanque maturador com menor pontuação de CIP dentre os CIPs realizados no dia anterior, observando quais parâmetros do Ciclo de Sinner tiveram menor conformidade e estipulando possíveis problemas que poderiam ter ocasionado a baixa do indicador.

Sendo assim, essas possibilidades e ações corretivas são discutidas com o supervisor, coordenador, técnicos e demais operadores da área, sendo escolhidas as ações de maior relevância. Logo, estas são colocadas no quadro da reunião com seus respectivos responsáveis e prazos para execução.

Além disso, é válido ressaltar que todas as ações corretivas possíveis são mapeadas com o intuito de verificar, de forma mais assertiva, o que deve ser feito, caso o problema seja recorrente.

Cabe ainda ressaltar que, para um certo número de recorrências, definido pelo coordenador, dependendo do impacto gerado por cada tipo de falha, é alocada uma equipe composta por técnicos e operadores para realizar uma investigação mais detalhada do problema utilizando a ferramenta de gestão “5 Porquês”. O objetivo é encontrar a causa raiz, assim é possível parar de atuar de maneira corretiva e passar a agir de forma preventiva.

A ferramenta da qualidade chamada 5 porquês foi criada por Sakishi Toyota na década de 30, muito disseminada por sua simplicidade e eficiência. Essa metodologia consiste no questionamento contínuo de um problema, a fim de encontrar a causa raiz (NAPOLEÃO, 2019).

#### **4.5 Checagem dos Resultados**

Depois de definidas as ações, seus responsáveis e prazos, bem como o acompanhamento diário, foram checados os resultados de fechamento mensais para o IV de Notas de CIP e de Micro Index nos meses anteriores e posteriores à implementação do projeto (abril a dezembro de 2022). Essa etapa foi essencial para garantir que as ações priorizadas provenientes da ferramenta estavam gerando impacto positivo no Micro Index.

#### **4.6 Padronização de Soluções**

Por consequência, foram criados novos padrões ou adaptados os já existentes: alteração de dados de receita de CIP, novas rotinas de checagem de soluções dos tanques de químicos, adaptações de eventos de qualidade, revisão de planos de manutenção, dentre outros.

Além disso, a fim de manter a sustentabilidade dos resultados, para cada alteração feita nos padrões ou nova rotina operacional também foi realizado o treinamento de suas respectivas partes interessadas.

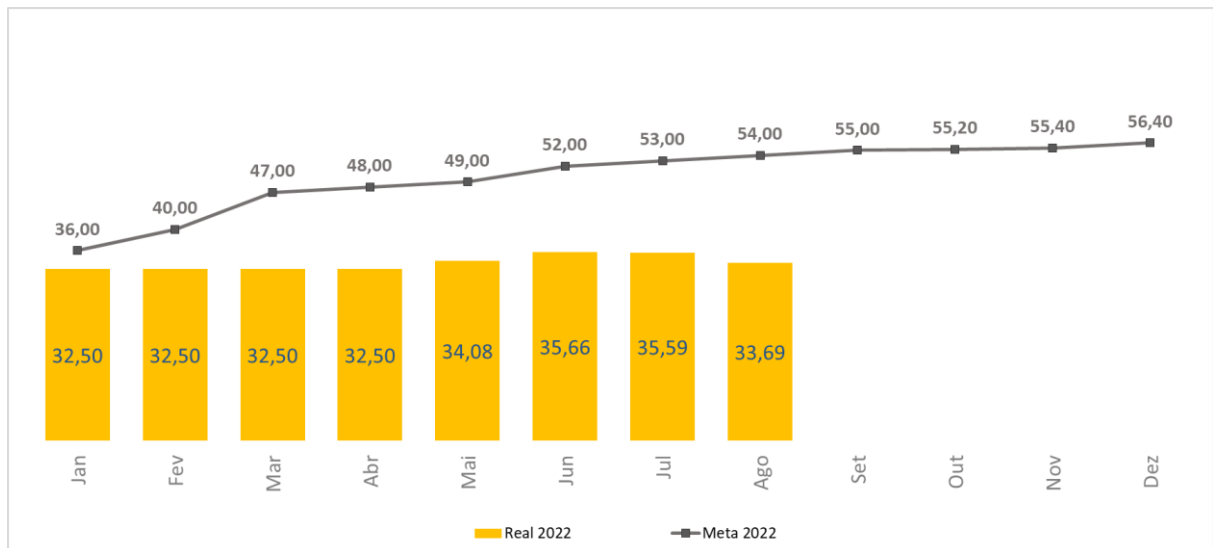
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Análise Estratégica para Definição da Etapa Foco

Inicialmente, para fundamentar a importância do trabalho realizado na cervejaria em questão, faz-se necessária a análise dos dados de Micro Index, o qual mede o grau de controle e higiene em uma instalação, conforme o item 4.1 da Metodologia, garantindo que o produto esteja livre de perigos físicos, microbiológicos e químicos.

A Figura 8 explicita a relação entre a meta do mês, pré-estabelecida pela companhia, e o resultado real obtido até o mês anterior ao início do trabalho em questão.

Figura 8 – Meta vs Real mês a mês antes da implementação do projeto



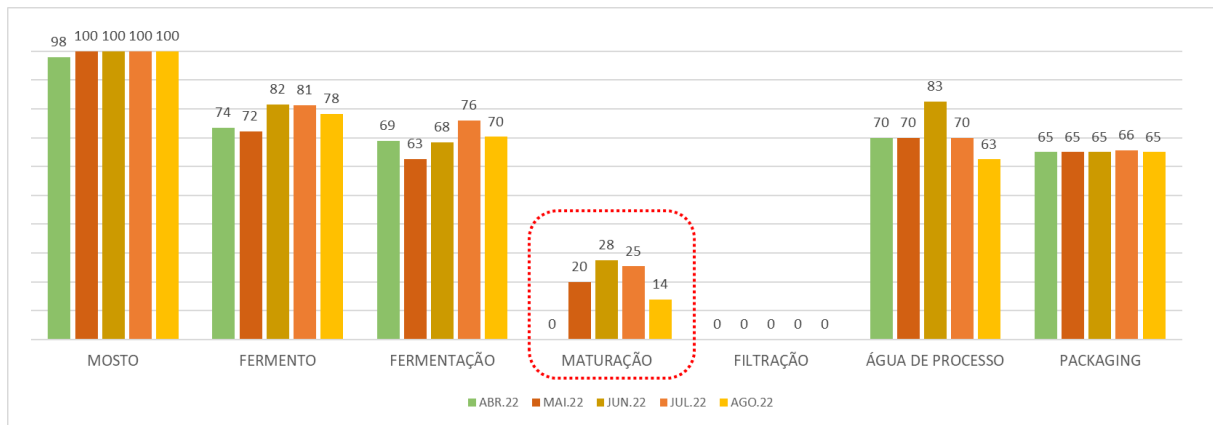
Fonte: Autor.

Em um cenário ótimo, isento de contaminações, o Micro Index atingiria seu valor máximo de 100. O valor de 32,50 na pontuação é o valor mínimo para um lote não retido no armazém por problemas de qualidade, uma vez que corresponde à ausência de contaminação microbiológica unicamente após o pasteurizador, conforme explicitado no tópico 4.1 da metodologia.

Em considerável parcela dos casos, valores do indicador de Micro Index tão baixos, como 32,50, estão associados à presença de cerveja residual nos tanques e tubulações após o CIP, ocasionando a formação de biofilme, por exemplo. Logo, dado que será atuado no viés de melhoria de CIP, pode-se inferir que todo aumento no valor real do MI de setembro a dezembro de 2022 foi proveniente de ações realizadas no setor “Processo Cerveja”.

Sendo assim, sabendo que o dashboard para análises de notas de CIP foi disponibilizado apenas no segundo semestre de 2022, a definição da etapa foco para sua aplicação e consequente tentativa de aumento no indicador de micro index foi feita por meio da análise de dados do segundo trimestre (abril, maio, junho) juntamente aos meses do terceiro trimestre de 2022 anteriores à implementação da ferramenta (julho e agosto). Tais resultados estão ilustrados na Figura 9.

Figura 9 – Análise mês a mês das pontuações nas etapas do processo



Fonte: Autor.

Dessa forma, por meio da análise dos dados acima, observa-se que a maturação e a filtração são as etapas de maior impacto para o baixo número de Micro Index. Logo, sabe-se que, conforme o cálculo que rege o indicador de MI (Equação 3), as pontuações de maturação compõem um fator multiplicativo do número total, já os valores da filtração têm seus impactos negativos arrefecidos pela água de processo, uma vez que o fator multiplicativo consiste na média aritmética entre esses dois itens.

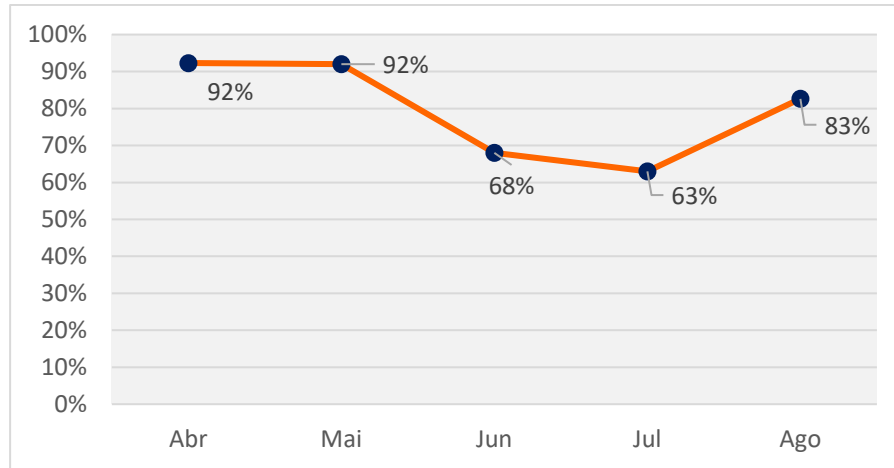
Além disso, é fato que, por se tratar de uma sequência de processos, caso a maturação reduza seus índices de contaminação, todas as etapas posteriores terão uma maior probabilidade de também diminuir as suas, inclusive a filtração. À luz dessas informações, a maturação foi designada como etapa foco até o final de 2022.

## 5.2 Ações para Reduzir Contaminação na Maturação

Já definida a área foco, foi feita uma análise do percentual de contaminação por bactérias anaeróbias em maturadores, uma vez que estão ligadas principalmente à ineficiência

de CIP. Os resultados de contaminação geral, sem detalhamento por tanque, estão representados na Figura 10.

Figura 10 – Contaminação de Tanques Maturadores por Bactérias Anaeróbias no período de abril de 2022 a agosto de 2022



Fonte: Autor.

Percebe-se pela análise dos dados anteriores que, conforme esperado, as porcentagens de contaminação dos tanques maturadores estão bastante altas em todos os meses. Logo, com intuito de avaliar a possibilidade de tanques específicos estarem aumentando a porcentagem de contaminação geral, também foi feita uma análise detalhada por tanque. Os resultados estão apresentados na forma de *Heat Map* (Mapa de Calor) na Figura 11.

Figura 11 – Contaminação por Tanque Maturador por Bactérias Anaeróbias no período de abril de 2022 a agosto de 2022

Tanque	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago
Maturador 01	100%	100%	100%	67%	75%
Maturador 02	100%	100%	75%	100%	100%
Maturador 03	75%	80%	83%	67%	100%
Maturador 04	86%	80%	50%	50%	67%
Maturador 05	100%	100%	50%	0%	100%
Maturador 06	100%	83%	50%	80%	100%
Maturador 07	100%	100%	100%	50%	75%
Maturador 08	100%	100%	50%	100%	100%

LEGENDA		
FAIXA	Linf	Lsup
VERDE	0%	33%
AMARELA	34%	66%
VERMELHA	67%	100%

Fonte: Autor.

Conforme explicitado pelo *heat map*, a contaminação elevada ocorre de forma generalizada entre os tanques maturadores, não confere problema de tanques específicos.

Desse modo, urge a necessidade da avaliação dos parâmetros de limpeza desses tanques, os quais podem ser monitorados pelo dashboard de Notas de CIP. São utilizados dados coletados nos transmissores de temperatura, pressão e condutividade instalados nos tanques, com o intuito de monitorar parâmetros principais do Ciclo de Sinner. Tal metodologia de cálculo está representada pelo tópico 4.2.

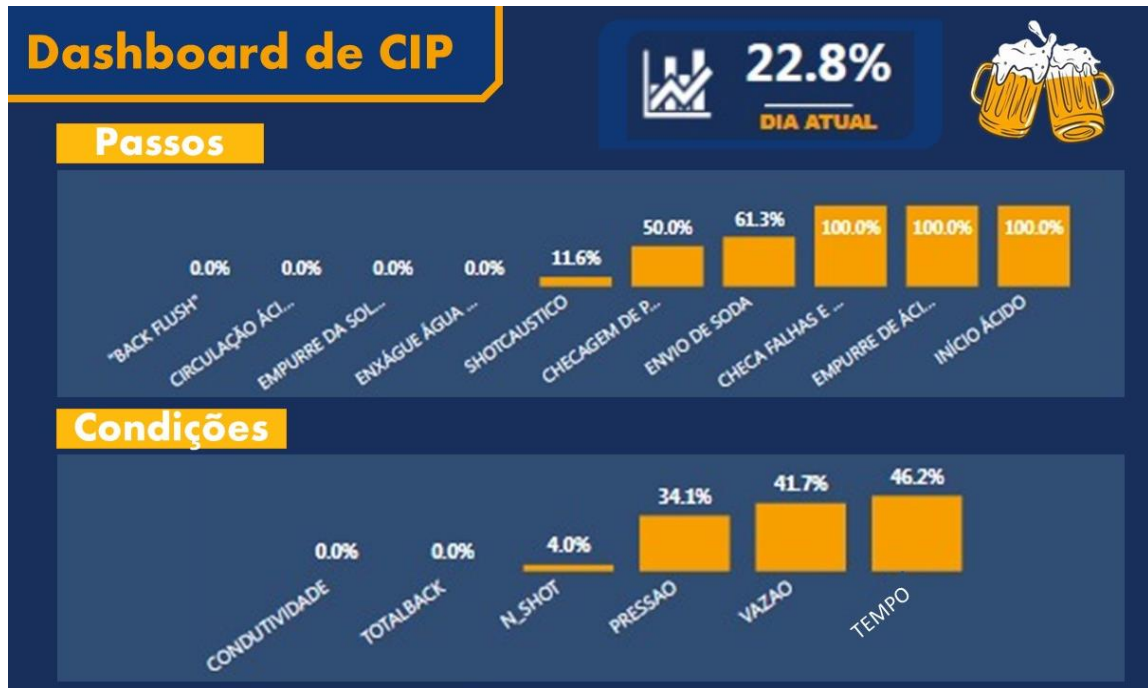
### **5.3 Rotina de Verificação**

Evidenciada a relevância da ferramenta, “Nota de CIP” se tornou um IV da estratégia de Micro Index e foi acompanhada como pauta fixa nas reuniões diárias do setor. Com isso, a operação é responsável por fazer uma investigação da menor nota de um determinado parâmetro entre os CIPs de maturadores realizados no dia anterior, procurando entender o motivo das despontuações.

Como pode-se observar por meio da análise da Figura 12, a situação inicial estava bastante crítica, nenhum dos parâmetros de CIP estava 100% conforme com a receita, fazendo com que a porcentagem de atendimento geral atingisse em apenas 22,8%. O cálculo para determinação da porcentagem de atendimento dos parâmetros de CIP está exemplificado no item 4.2 da metodologia.

Além disso, é importante salientar que os principais parâmetros fora de faixa estão ligados às etapas de “*back flush*”, “circulação ácido”, “empurre da solução alcalina”, “enxágue água” e “shotcaustico”.

Figura 12 – Situação inicial do Dashboard de CIP



Fonte: Autor.

Os principais motivos para esses valores tão baixos têm como principais origens: automação, mecânica, receita, controle. Alguns exemplos de checagens e ações corretivas estão representados no Quadro 4.

Quadro 4 – Possíveis falhas e ações corretivas para atendimento dos parâmetros de CIP

Tipo de Checagem	Ação Corretiva	Responsável pela Execução da Ação Corretiva
Verificar Calibração dos Transmissores de Temperatura, Pressão e Condutividade	Calibrar transmissores de Temperatura, Pressão e Condutividade	Técnico Instrumentista
Checagem de falha de válvulas de CIP	Pausar o CIP para atuar na válvula	Técnico Mecânico
Verificar se as bombas de CIP estão acionando em automático com a vazão correta	Ajustar lógica de automação para garantir o correto funcionamento das bombas durante o CIP	Técnico de Automação
Verificar se válvula do TOFT está comutando corretamente entre aspersor e linha de CO2	Ajustar lógica de automação para garantir a comutação na proporção correta entre aspersor e linha de CO2	Técnico de Automação
Verificar integridade física dos aspersores (exemplo: amassados e partes danificadas)	Ao final do CIP, abrir o TOFT e realizar troca do aspersor	Operador
Verificar obstrução dos aspersores rotativos	Ao final do CIP, abrir o TOFT e realizar desobstrução do aspersor	Operador
Verificar lubrificação dos <i>rotachecks</i> dos aspersores	Ao final do CIP, abrir o TOFT e realizar a correta lubrificação dos <i>rotachecks</i>	Operador
Medir concentração de soda nos tanque de CIP, para verificar se estão dentro do padrão	Realizar descarte da solução atual e reconcentrar nova solução	Operador
Verificar se a receita de CIP está correta no supervisório	Ajustar receita conforme os parâmetros mínimos para o atendimento ao ciclo de Sinner	Supervisor
Verificar parâmetros de conformidade de cada variável na <i>Strapi</i>	Ajustar parâmetros de contabilização na <i>Strapi</i>	Supervisor
Verificar avarias nas bombas de CIP (exemplo: vazamentos e problemas no selo)	Realizar manutenção para adequação da bomba	Técnico Mecânico
Verificar se o dimensionamento das bombas de CIP consegue atender aos requisitos mínimos	Solicitar orçamento para uma nova bomba, no intuito de avaliar possibilidade de aquisição	Gerente

Fonte: Autor.



É importante ressaltar que as ações, com seus respectivos atuantes, ficam registradas no quadro da reunião, similar ao Quadro 5, com intuito de monitorar a evolução e oportunidades de execução diariamente. Tal gestão é importante, uma vez que, dependendo da atividade, pode ser solucionada no mesmo dia ou pode demandar mais tempo para existência da oportunidade de realização, como são os exemplos relacionados aos aspersores, dado que para sua realização é necessário que o tanque inspecionado esteja vazio.

Quadro 5 – Exemplo de divisão de atividades no quadro de reuniões

ATIVIDADE	RESPONSÁVEL			
	OPERADOR	TÉCNICO MECÂNICO	TÉCNICO DE AUTOMAÇÃO	LIDERANÇA
<b>Atividade 01</b>	Realizar descarte da solução de soda do tanque de CIP de Maturação e reconcentrar nova solução	Realizar manutenção da bomba de envio de soda da estação de CIP da Maturação	Ajustar lógica de automação para garantir a comutação na proporção correta entre aspersor e linha de CO2 durante o CIP do maturador 01	Solicitar orçamento para uma nova bomba de dosagem de ácido, no intuito de avaliar possibilidade de aquisição.
<b>Atividade 02</b>	Ao final do CIP do maturador 03, abrir o TOFT e realizar desobstrução do aspersor.	Realizar manutenção da VOC AQ401186.	Intertravar frequência de CIP da centrífuga	Ajustar parâmetros de contabilização na <i>Strappi</i>
<b>Atividade 03</b>	Ao final do CIP do maturador 06, abrir o TOFT e realizar a correta lubrificação dos <i>rotachecks</i>	-	-	Ajustar receita conforme os parâmetros mínimos para o atendimento ao ciclo de Sinner

Fonte: Autor.

Outrossim, a Figura 13, representada abaixo, ilustra exemplos da realização de ações de inspeção por parte da operação.

Figura 13 – Execução de Check de aspersores e de comutação de válvulas

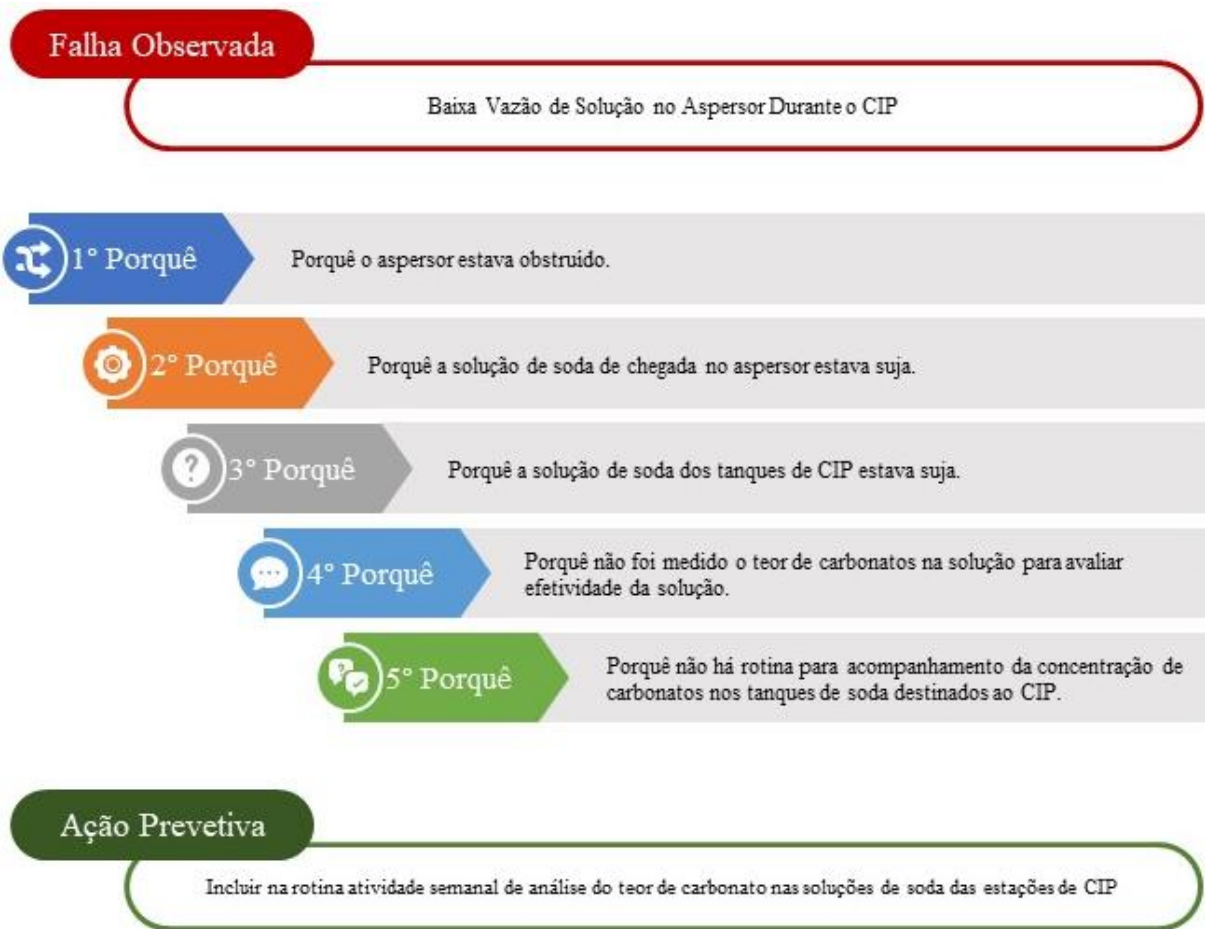


Fonte: Autor.

Por fim, utilizando essa metodologia, consegue-se encontrar as falhas e atuar de maneira corretiva. Porém, é importante salientar que, para falha recorrentes, em geral acima de três vezes, é necessário realizar uma investigação utilizando a ferramenta de gestão chamada “5 Porquês”, explicitada no tópico 4.4 da metodologia, com intuito de encontrar a causa-raiz do problema e passar a atuar de maneira preventiva.

A Figura 14 mostra um exemplo real da utilização do “5 Porquês” para investigação da falha recorrente de baixa vazão de solução alcalina no aspersor durante a realização do CIP de um maturador. A ação preventiva para tal ineficiência foi a inclusão de uma nova atividade semanal de análise do teor de carbonatos nos tanques de soda da estação de CIP da maturação, com intuito de avaliar se a mesma deve ser descartada ou se permanece atendendo às especificações mínimas.

Figura 14 – 5 Porquês para resolução de problemas de CIP



Fonte: Autor.

É válido também ressaltar que essas atividades, com periodicidade e acompanhadas por responsáveis, são monitoradas por uma ferramenta interna de gestão, pela qual consegue-se verificar sua confirmação de execução, bem como sua justificativa e dificuldades de realização.

#### 5.4 Checagem dos Resultados

Inicialmente, é importante ressaltar que, dentre todas as ações executadas com intuito de reduzir a ocorrência de contaminações microbianas em tanques maturadores, as provenientes da análise crítica do dashboard de Notas de CIP foram as mais relevantes.

Dessa maneira, a partir da avaliação da oportunidade de execução das atividades, bem como de seu acompanhamento diário, com o objetivo de melhorar a efetividade de CIP dos tanques maturadores, observa-se uma evolução expressiva no valor de Micro Index em relação aos meses anteriores à aplicação da ferramenta. Tal fato é representado da Figura 15.

Figura 15 – Meta vs. Real mês a mês para o indicador de Micro Index no ano de 2022

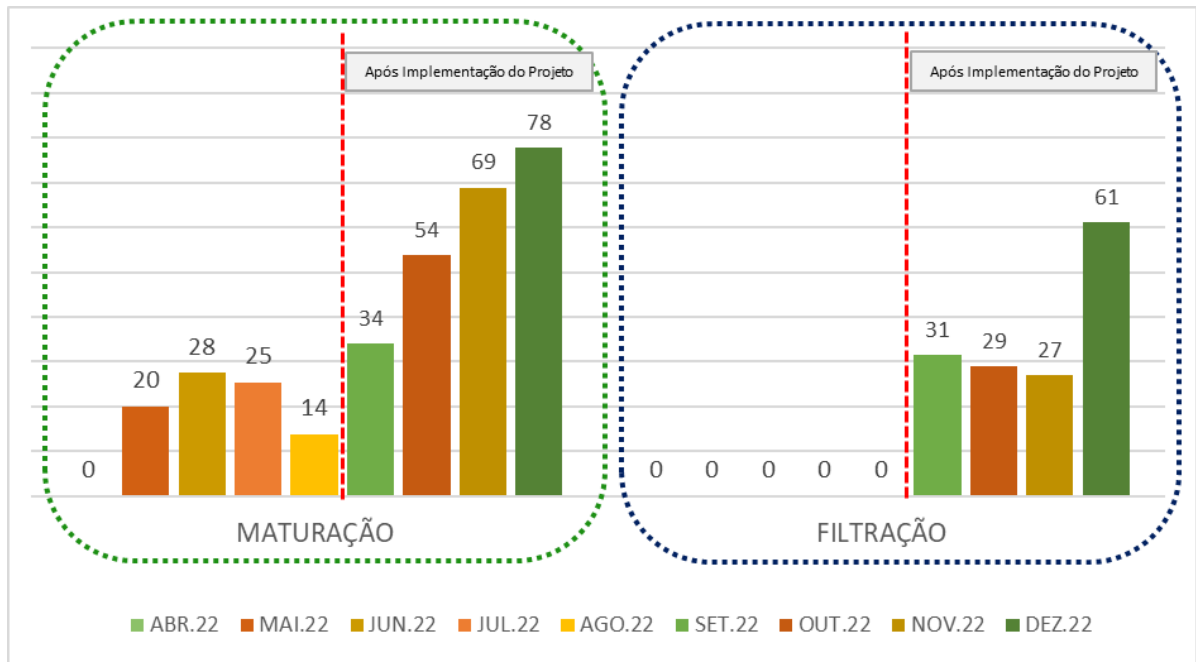


Fonte: Autor.

É importante, ainda, reforçar que as pontuações reais alcançadas nos meses anteriores à implementação do projeto estão muito próximas do valor mínimo (32,50), corroborando para o expressivo impacto do projeto nos últimos quatro meses de 2022.

Além disso, por meio da análise da Figura 16, a qual mostra a evolução mês a mês para a etapa foco do projeto (maturação), observa-se que a partir do início da implementação da ferramenta de notas de CIP as pontuações tanto da maturação quanto da filtração aumentaram significativamente, o que explicita que houve redução de contaminação em ambas as etapas. Outrossim, tal fato corrobora que considerável parte das contaminações detectadas na filtração davam-se por terem como origem maturadores contaminados.

Figura 16 – Análise mês a mês das pontuações na etapa foco do processo e seus impactos no período de abril de 2022 a dezembro de 2022

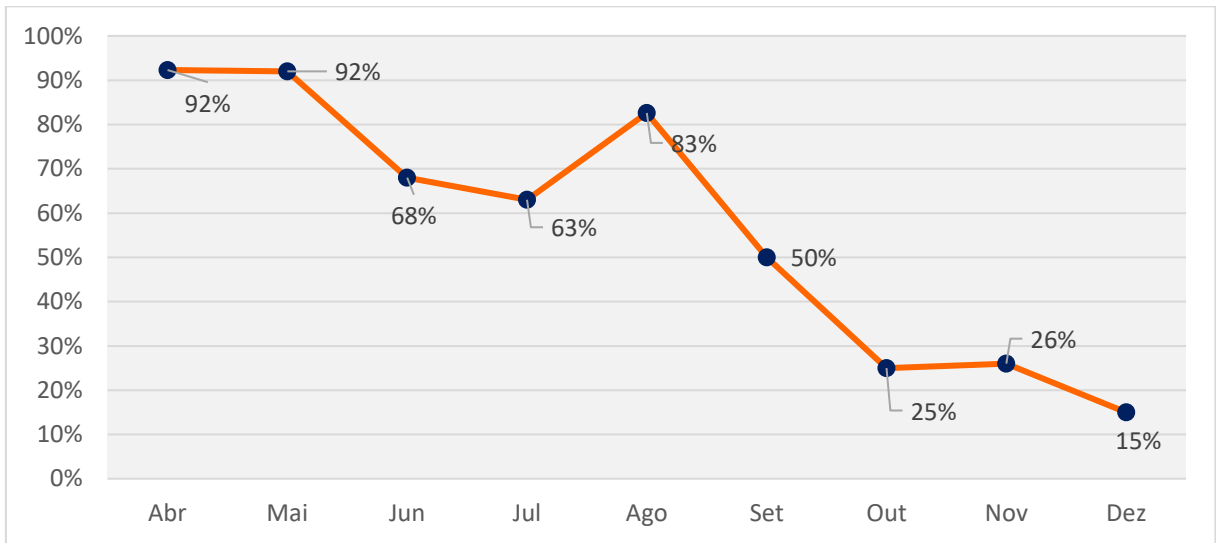


Fonte: Autor.

Porém, cabe salientar que apesar de as ações executadas estarem focadas na maturação, ainda existem oportunidades para alavancar ainda mais o indicador de Micro Index em ambas as etapas, principalmente na filtração.

As reduções de contaminação microbiológica em tanques maturadores podem ser explicitadas por meio da análise geral e individual de cada tanque, conforme representado na Figura 17 e Figura 18, respectivamente.

Figura 17 – Contaminação de Tanques Maturadores por Bactérias Anaeróbias incluindo resultados pós-projeto



Fonte: Autor.

Figura 18 – Contaminação por Tanque Maturador por Bactérias Anaeróbias incluindo resultados pós-projeto

Tanque	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Maturador 01	100%	100%	100%	67%	75%	100%	67%	67%	0%
Maturador 02	100%	100%	75%	100%	100%	75%	0%	25%	67%
Maturador 03	75%	80%	83%	67%	100%	100%	0%	22%	0%
Maturador 04	86%	80%	50%	50%	67%	0%	0%	33%	0%
Maturador 05	100%	100%	50%	0%	100%	100%	50%	0%	17%
Maturador 06	100%	83%	50%	80%	100%	100%	33%	25%	0%
Maturador 07	100%	100%	100%	50%	75%	33%	0%	33%	33%
Maturador 08	100%	100%	50%	100%	100%	0%	50%	0%	0%

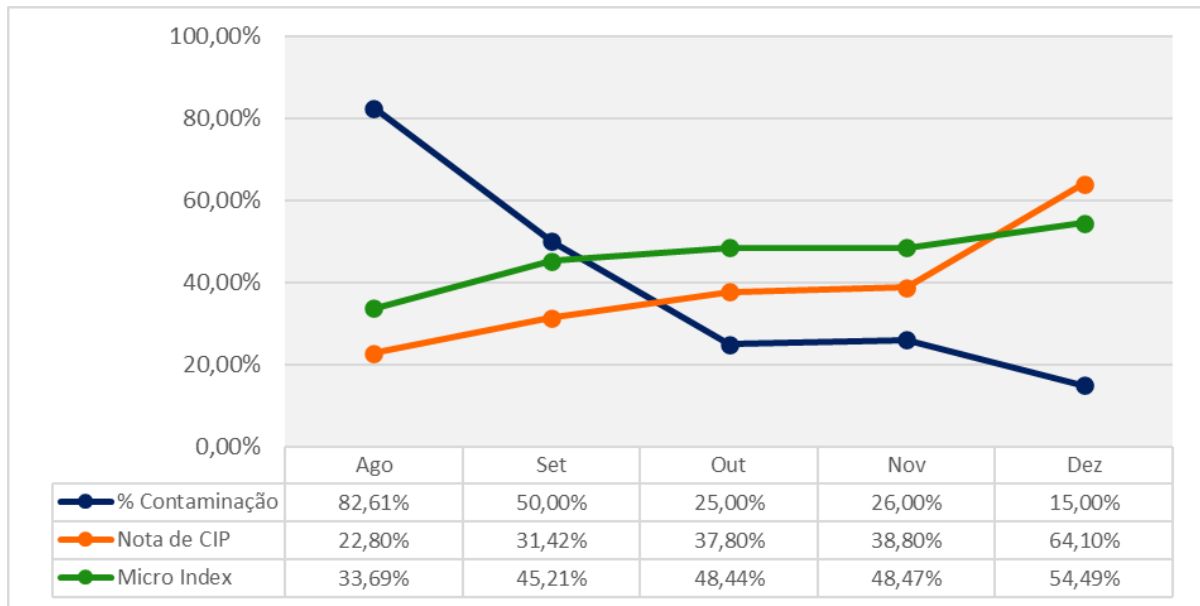
LEGENDA		
FAIXA	Linf	Lsup
VERDE	0%	33%
AMARELA	34%	66%
VERMELHA	67%	100%

Fonte: Autor.

As Figuras representadas acima demonstram que as contaminações em tanques maturadores melhoraram gradualmente e de maneira expressiva, reduzindo de 83% em agosto de 2022 (último mês antes da implementação do projeto) para 15% no final do mesmo ano. Além disso, a quantidade de tanques na “faixa vermelha” (a qual explicita maturadores que tiveram 67% ou mais de amostras contaminadas) decaiu significativamente, onde agosto apresentou todos os tanques nessa faixa, já em dezembro apenas um tanque.

Por fim, a Figura 19 corrobora que o aumento do percentual das Notas de CIP tem forte correlação com a redução da contaminação e consequente maior pontuação no indicador de Micro Index.

Figura 19 – Correlação entre Micro Index, Nota de CIP e Contaminação por Bactéria Anaeróbia no período de agosto de 2022 a dezembro de 2022



Fonte: Autor.

Por fim, cabe ressaltar que, referente aos resultados entre os meses de outubro e novembro de 2022, as evoluções foram ínfimas. Tal fato ocorreu devido à priorização de outro projeto, que demandou significativo esforço da operação e dos técnicos, fazendo com que as ações provenientes do dashboard de Notas de CIP ficassem estagnadas. Porém, a evolução no indicador permanece de novembro a dezembro de 2022.

### 5.5 Padronização das Soluções

Além das ações preventivas que foram resultado das investigações de problemas recorrentes, é importante também realizar a padronização de novos aprendizados desse processo. Dessa forma, validando a efetividade das mudanças propostas, foram revisadas receitas de CIP, planos de manutenção e procedimentos operacionais nas plataformas de gestão da empresa.

Por fim, a fim de tornar os resultados sustentáveis, também foi realizado o treinamento da operação dos técnicos e das lideranças nos novos padrões e rotinas operacionais.

## 6 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstram que o uso do dashboard de Notas de CIP para o aumento da eficiência de limpeza de tanques maturadores foi relevante, dado que o aumento de sua efetividade se mostrou fortemente relacionado com a redução de contaminação nesses tanques.

Ao avaliar a pontuação mês a mês da etapa de maturação nos últimos três trimestres do ano de 2022 (Figura 16), percebe-se um considerável aumento nas conformidades, com 14,00% no mês de agosto (último mês antes da implementação da ferramenta) e alcançando 78,00% em dezembro do mesmo ano, o que explicita uma importante evolução na etapa foco do projeto.

Além disso, é importante salientar que, por se tratar de uma sequência de processos, a redução da quantidade de contaminação na etapa de maturação impactou positivamente a etapa posterior (filtração), aumentando sua pontuação de 0,00% em agosto para 61,00% em dezembro.

Por fim, a utilização de ferramentas tecnológicas para auxiliar na organização e no entendimento de parâmetros da indústria, com intuito de alavancar resultados, é indispensável, principalmente quando possui uma coleta automática de dados suficiente para isso. Logo, é necessário que a mesma ferramenta seja implementada nas etapas seguintes do processo, com o objetivo de também potencializar seus resultados.



## REFERÊNCIAS

- AMBEV. **Sobre a AMBEV** – Uma história de sucesso que ainda está sendo escrita, 2016. Disponível em: <https://www.ambev.com.br/nossa-historia>. Acesso em: 10 abr. 2023.
- BARTH, Roger. **The Chemistry of Beer: The Science in the Suds**. New Jersey: Wiley, 2013.
- BORTOLI, D. A. S.; SANTOS, F.; STOCCO, N. M.; ORELLI JUNIOR., A.; TOM, A.; NEME, F. F.; NASCIMENTO, D. Leveduras e produção de cervejas – Revisão. **Bioenergia em revista: diálogos**, ano 3, n. 1, p. 45-58, jan./jun. 2013.
- BRASIL. **Decreto nº 6.871**, de 8 de julho de 2019. Altera o Anexo ao Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009, que regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2019.
- BRUNA; C. Q. M.; GRAZIANO, K. U. Avaliação do desempenho de detergentes para limpeza: validação de uma proposta. **Acta Paulista de Enfermagem**, v.36, p. 1-6, 2023. (<https://www.scielo.br/j/ape/a/symtR4DFfSZqtNb7K4BYzbz/?format=pdf&lang=pt>)
- CEREDA, M. P. Cervejas. In: AQUARONE et al. **Biotecnologia alimentos e bebidas produzidos por fermentação**. São Paulo: Edgar Blücher, 1983.
- ECOLIFE. **Ciclo de Sinner: Como influencia na limpeza?** 2020. Disponível em: <https://ecolifequimicabrasil.com.br/ciclo-de-sinner-como-influencia-na-limpeza/>. Acesso em: 05 maio 2023.
- FREIRE, Bruno Ribeiro. **Avaliação e melhoria do processo de assepsia em área de produção de cerveja no Distrito Federal**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Farmácia) – Universidade de Brasília, Faculdade de Ceilândia, Ceilândia, Distrito Federal, 2013.
- GARCIA, V. S. G.; FATUCHE, N. S. E.; SILVA, J. P. **Aplicação do sistema CIP em uma indústria de cosméticos**. ENGEMA – XVII Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, 2015, São Paulo.
- HALAG CHEMIE AG. **The Circle of H. Sinner**. 2023. Disponível em: <https://halag.swiss/front/kreis-von-herbert-sinner/>. Acesso em: 10 maio 2023.
- MENEZES, Maria Carolina Rafael Carneiro de. **Controle de qualidade em uma cervejaria artesanal: análise de contaminantes do processo de fabricação e eficácia do sistema de Clean in Place**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns, Pernambuco, 2018.
- MOSHER, Randy. **Radical Brewing**. Boulder: Brewers Publications, 2004.
- MUXEL, Alfredo. **Fundamentos de Fabricação de Cerveja: Dia de Brassagem**. Blumenau: UFSC, 2016.

NAPOLEÃO, B. M. **5 Porquês**. Ferramentas de qualidade, 2019. Disponível em: <https://ferramentasdaqualidade.org/5-porques/>. Acesso em: 10 maio 2023.

NUNES, Joyce da Silva. **Avaliação dos parâmetros de qualidade na produção de cerveja**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Engenharia – CUVG, Cuiabá, Mato Grosso, 2021.

OPA BIER. **História da Cerveja no Brasil** – Parte 1 – A chegada do Holandês. 2022. Disponível em: <https://opabier.com.br/blog-opa-bier-abc-da-cerveja/historia-da-cerveja-no-brasil-parte-1-a-chegada-do-holandes/>. Acesso em: 10 abr. 2020.

PALMER, John J. **How to brew: everything you need to know to brew beer right for the first time**. 3a. ed. Boulder: Brewers Publications, 2006.

QUIMINAC INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA. **Entenda melhor os processos de limpeza**. Treinamento QUIMINAC. 2012. Disponível em: <http://www.quiminac.com.br/site/wp-content/uploads/2016/12/ProcessoLimpeza-LIVRO.pdf>. Acesso em: 10 maio 2023.

REDE PLAZA. **Conheça a história da cerveja**. Dicas Culturais, Plaza Blumenau. 2021. Disponível em: <https://www.plazahoteis.com.br/pt-br/blog/historia-da-cerveja/>. Acesso em: 10 abril 2023.

SILVA, G; DUTRA, P. R. S.; CADIMA, I. M. **Técnico em Alimentos: Higiene na indústria de alimentos**. Recife: EDUFRPE, 2010.

SILVA, Eliezer Alves da. **Importância do processo Clean In Place (CIP) na higienização de tanques e equipamentos**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química Industrial) – Fundação Educacional do Município de Assis, Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, Assis, São Paulo, 2011.

SILVA, Sibeles Aryadne da Silva. **Contaminantes microbianos no processo de produção de cerveja**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-graduação em Microbiologia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2017.

SILVA, Antônio. **Aplicação do ciclo PDCA para redução de contaminação microbiana de cervejas em uma indústria de bebidas no estado do Ceará**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, 2022.

TOSTES, Lucas Rodrigues de Moraes. **Instrumentação e controle do processo de produção de uma microcervejaria**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Farmácia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2013.

TSCHOPE, E. C. **Microcervejarias e cervejarias: a história, a arte e a tecnologia**. São Paulo: Aden, 2001. 224p.

USP. **Produção de Cerveja**. Processos Químicos Industriais II. Lorena: Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de Lorena, 2010. Disponível em: <https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5840855/LOQ4023/ProducaodeCervejas20150rerves.pdf>. Acesso em: 10 maio 2023.

SINDICERV. **O setor em números**. Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja, 2019. Disponível em: <https://www.sindicerv.com.br/o-setor-em-numeros/>. Acesso em: 10 maio 2023.