



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE VÁRZEA GRANDE
FACULDADE DE ENGENHARIA
ENGENHARIA QUÍMICA**

JÉSSICA DE ALMEIDA BARRADAS

**SISTEMA DE LIMPEZA CIP – ESTUDO DE CASO DE UMA FÁBRICA DE
REFRIGERANTES**

**Várzea Grande - MT
2022**

SISTEMA DE LIMPEZA CIP – ESTUDO DE CASO DE UMA FÁBRICA DE REFRIGERANTES

Trabalho de Conclusão de Curso em forma de projeto de monografia apresentado como requisito regulamentar obrigatório para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Souza Almeida.

Coorientador: Júlio César de Carvalho Miranda

**VÁRZEA GRANDE - MT
2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

D278s DE ALMEIDA BARRADAS, JESSICA.
SISTEMA DE LIMPEZA CIP : ESTUDO DE CASO DE UMA
FÁBRICA DE REFRIGERANTES / JESSICA DE ALMEIDA
BARRADAS. -- 2022
56 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Paulo Henrique Souza Almeida.
Co-orientadora: Júlio César de Carvalho Miranda.
TCC (graduação em Engenharia Química) - Universidade
Federal de Mato Grosso, Instituto de Engenharia, Várzea Grande,
2022.
Inclui bibliografia.

1. limpeza local. 2. sistemas de reuso. 3. CIP. 4. consumo de
água. 5. refrigerantes. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

Prof. Dr. Paulo Henrique Almeida
Orientador – FAENG/UFMT, VG.

Prof. Dr. Júlio César de Miranda Carvalho
Coorientador – FAENG/UFMT, VG.

Prof.^a Dra. Daniele Caetano da Silva
FAENG/UFMT, VG.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, força universal, por ter guiado cada passo dado durante toda a graduação. Nos momentos em que não acreditava mais em possibilidades e sonhos, portas se abriram e pessoas incríveis me ajudaram. Não consigo chamar de sorte.

De todo meu coração, aos meus amados pais e irmão, Aparecido e Gislene , e Rodrigo, por todo amor e fé depositados em mim. Poucas palavras descrevem tudo o que significam na minha vida.

Ao Mateus, por ter sido meu melhor amigo e companheiro, sonhos são mais completos e a jornada mais feliz quando partilhados a dois.

À todos os professores e equipe técnica da Universidade Federal de Mato Grosso, que resistem bravamente frente aos desafios da educação pública brasileira. Em especial ao professor Paulo Henrique Souza Almeida, a quem recorri com confiança em momentos chaves da graduação, à professora Daniele Caetano pelo imenso apoio e carinho nos momentos difíceis e a Sânia Lucia Camargos por ter partilhado uma filosofia de vida e trabalho que tanto admiro.

Aos meus amigos queridos, ao João Pedro, por ter me ensinado a força e a perseverança, principalmente ao final. À Livia e Mariana que me inspiraram pela inteligência e amizade. Ao Samuel, por ter demonstrado o poder de acreditar em si mesmo. As parceiras Isabela e Karina, e ao querido Matheus Henrique por toda amizade e boa conversa. Por fim, à todos os amigos da turma de graduação do semestre 2017/01. Que Deus acompanhe a jornada de cada um.

*“A mente é um lugar em si mesma, e em si mesma pode fazer do
céu um inferno, e do inferno, um céu.”*

John Milton

RESUMO

O processamento dos alimentos levou à necessidade do desenvolvimento de várias técnicas para a limpeza das máquinas envolvidas. Assim, remover qualquer resíduo de produtos químicos ou de material orgânico que cause a contaminação química ou biológica é de grande importância para a manutenção desse tipo de indústria. O sistema de limpeza local denominado CIP cuja sigla significa “*Clean- in – Place*” é um sistema de limpeza realizado em circuito fechado, no qual a água e os produtos químicos (detergentes ácidos, básicos e sanitizantes) circulam através de tubulações e equipamentos interligados a uma central, que através da presença de circuitos eletrônicos e ação operacional, controlam parâmetros operacionais como por exemplo, tempo, temperatura, vazão e concentração. A limpeza e a higienização dentro da indústria de bebidas estão inseridas em uma parte fundamental da produção, a manutenção das chamadas “Boas Práticas de Fabricação” (BPF) e dos programas de qualidade como o de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC). Assim, foi desenvolvido um estudo de caso em uma fábrica de refrigerantes com o objetivo de avaliar os parâmetros de CIP já em funcionamento na planta, compará-los com os dados da literatura, e identificar possíveis ajustes para redução de insumos. Para avaliar o problema, foi utilizada uma ferramenta de melhoria contínua denominada “Diagrama de Ishikawa”. Foi possível validar parâmetros do sistema e encontrar pontos de economia de cerca de 2500L de água diários. Através do estudo também foi possível desenvolver sistemáticas para o controle microbiológico das soluções de retorno, em especial de produto sanitizante, que também é reaproveitado pela unidade, e procedimentos de rotina para o laboratório monitorar suas concentrações de soluções de limpeza. Foi possível concluir que a vazão e o tempo de circulação das soluções de limpeza estão conformes, as temperaturas de limpeza estão de acordo com a temperatura de processo, e dessa forma seguem a regra geral, e as concentrações de receita encontram-se nos valores mínimos recomendados pela literatura descrita no trabalho.

Palavras-chave: limpeza local, CIP, sistemas de reuso, consumo de água, refrigerantes.

ABSTRACT

Food processing led to the need to develop various techniques for cleaning the machines involved. Thus, removing any residue of chemical products or organic material that causes chemical or biological contamination is of great importance for the maintenance of this type of industry. The local cleaning system called CIP, whose acronym stands for “Clean-in – Place” is a cleaning system carried out in a closed circuit, in which water and chemical products (acidic, basic and sanitizing detergents) circulate through pipes and interconnected equipment. to a central, which through the presence of electronic circuits and operational action, control operational parameters such as time, temperature, flow and concentration. Cleaning and sanitizing within the beverage industry are part of a fundamental part of production, the maintenance of the so-called “Good Manufacturing Practices” (GMP) and quality programs such as Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP).). Thus, a case study was developed in a soft drink factory with the objective of evaluating the CIP parameters already in operation in the plant, comparing them with the literature data, and identifying possible adjustments to reduce inputs. To evaluate the problem, a continuous improvement tool called “Ishikawa Diagram” was used. It was possible to validate system parameters and find savings points of about 2500L of water daily. Through the study, it was also possible to develop systems for the microbiological control of the return solutions, especially of the sanitizing product, which is also reused by the unit, and routine procedures for the laboratory to monitor its concentrations of cleaning solutions. It was possible to conclude that the flow and circulation time of the cleaning solutions are in accordance, the cleaning temperatures are in accordance with the process temperature, and thus follow the general rule, and the revenue concentrations are at the minimum values recommended by the literature described in the work.

Keywords: local cleaning, CIP, reuse systems, water consumption, soft drinks.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BPF	Boas Práticas de Fabricação
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
PPM	Partes por milhão

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Máquina carbocooler	14
Figura 2 – Máquina Envasadora	14
Figura 3 - Círculo de Sinner e os parâmetros de limpeza.....	18
Figura 4 - Gráfico 1: Tempo mínimo de limpeza x concentração da solução detergente (%).....	21
Figura 5 - Gráfico 2: Tempo de limpeza por velocidade de fluxo nos canos em (m/s).....	22
Figura 6 - Gráfico 3: Tempo de limpeza x Aumento de temperatura (°C).....	23
Figura 7 - Trocador de calor do tipo Placas.....	28
Figura 8 - Sensor condutivímetro.....	29
Figura 9 - Fluxograma Central de CIP.....	32
Figura 10 - Diagrama de Ishikawa para identificação de Falhas no processo CIP.....	34
Figura 11 - Fotos demonstrando placa de Manifold de CIP com diâmetros e tubulações	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela CIP – Literatura	19
Tabela 2 - Receita Geral de CIP – estudo de caso.....	33
Tabela 3 - Dados para parâmetro de vazão.....	38
Tabela 4 - Temperatura das soluções por etapa e processo.....	39
Tabela 5 - Dados de concentração média para as soluções de limpeza.....	40
Tabela 6 - Conversão de soluções detergente formulada.....	41
Tabela 7 - Sugestão de Receita para Limpeza de 7 etapas para Refrigerantes.....	45

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Custos de soluções detergentes últimos 5 anos	35
Gráfico 2 – Dados de pH enxágues intermediários	37

Sumário

RESUMO.....	I
ABSTRACT.....	II
Lista de Abreviaturas e Siglas.....	III
Lista de Figuras.....	IV
Lista de Tabelas.....	V
Lista de Gráficos.....	VI
 1 INTRODUÇÃO.....	 8
1.1 Contexto	8
1.2 Caso estudado.....	10
1.3 Objetivos	11
1.3.1 Objetivo Geral	11
1.3.2 Objetivos Específicos	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 O processo produtivo dos Refrigerantes	12
2.1.1 A Produção de Xarope Simples	13
2.1.2 A Produção de Xarope Composto.....	13
2.1.3 Os parâmetros de qualidade do Refrigerante	14
2.2 Tratamento de Água	16
2.3 O Sistema de Limpeza CIP	17
2.3.1 Tempo	18
2.3.2 Ação mecânica	20
2.3.3 Concentração.....	22
2.3.4 Temperatura	23
2.3.5 Natureza dos Resíduos	24
2.4 Soluções de Limpeza.....	25
2.4.1 Detergentes.....	25
2.4.2 Detergentes Alcalinos	25
2.4.3 Detergentes Ácidos	25
2.4.4 Produtos Sanitizantes	26
2.5 Componentes Básicos.....	26
2.5.1 A Central CIP	26
2.5.2 Tubulações	27
2.5.3 Tanques de Preparo de Solução	27
2.5.4 Trocadores de calor	27

2.5.5 Equipamentos de Automação.....	28
2.6 Sistemas CIP.....	29
2.6.1 Sistema de Uso único	29
2.6.2 Sistema de Reuso ou Multiuso	30
2.6.3 Operacional	31
3 MATERIAIS E MÉTODOS	32
3.1 Diagrama de Ishikawa	32
3.2 Panorama do caso estudado.....	33
3.2.1 Descritivo do Processo de CIP da Unidade.....	33
3.2.2 Custos Soluções de Limpeza.....	34
3.2.3 Aplicação de Ferramenta de análise de causa Raíz.....	36
OS 6M'S IDENTIFICADOS	37
3.3 Primeiro M – Método	37
3.4 Segundo M – Medida	41
3.5 Terceiro M – Máquina.....	42
3.6 Quarto M – Meio Ambiente	43
3.7 Quinto M – Mão de Obra	43
3.8 Sexto M – Material.....	45
3.9 Proposta de Melhoria para o problema estudado	45
4 CONCLUSÃO.....	47
5 REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contexto

Através do desenvolvimento da era industrial, os bens de consumo passaram a ser processados e várias tecnologias foram atribuídas desde à sua elaboração, conservação, manuseio até o transporte final. O processamento dos alimentos nesse cenário levou à necessidade do desenvolvimento de várias técnicas para a limpeza dos equipamentos de modo a remover qualquer resíduo de produtos químicos ou de material orgânico que pudessem levar a contaminação química ou biológica em decorrência do crescimento de micro-organismos.

Assim a limpeza e a higienização dentro da indústria de bebidas estão inseridas em uma parte fundamental da produção, a manutenção das chamadas “Boas Práticas de Fabricação” (BPF) e dos programas de qualidade, como por exemplo, a Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC). Tais práticas objetivam a produção de bens de consumo seguros, principalmente sob os aspectos relacionados às contaminações por agentes químicos, físicos e microbiológicos, o que também vem a contribuir para a manutenção das características sensoriais e nutritivas dos produtos alimentícios. Dessa forma, contribuem para a preservação da qualidade final deles. (ANDRADE, 2008)

(BPF) atuam como um guia, uma importante ferramenta da qualidade para o alcance de níveis adequados de segurança dos alimentos. Sua adoção é um requisito da legislação vigente e faz parte dos programas de garantia da qualidade do produto final. (EMBRAPA, 2015)

As boas práticas devem ser aplicadas desde a recepção da matéria-prima, o processamento até a etapa de expedição dos produtos, contemplando os mais diversos aspectos operacionais da indústria. Um programa de BPF é dividido nos seguintes itens: instalações industriais; pessoal; operações; controle de pragas; controle da matéria-prima; registros, documentação e rastreabilidade. (EMBRAPA, 2015)

A princípio o processo de limpeza era feito de forma manual, o qual ainda é utilizado em instalações industriais de pequeno porte e em equipamentos específicos. Nestes casos, a atenção operacional deve ser voltada aos detalhes, pois apenas soluções químicas com características brandas e frias podem ser utilizadas para garantir a segurança operacional, o que acaba limitando as ações de limpeza em diversos aspectos. Esse tipo de limpeza manual e limitada é chamado (COF) Clean Out Place. (GOMES ; BUENO, 2016)

Para garantir uma limpeza mais abrangente, eficiente e segura foi desenvolvido o sistema de limpeza local (CIP) Clean- in - Place. Esse sistema de limpeza é realizado por meio de circuito fechado, no qual a água e os produtos químicos (detergentes ácidos, básicos e sanitizantes) circulam através de tubulações e equipamentos interligados a uma central que através de circuitos eletrônicos controlam parâmetros operacionais como tempo, temperatura e pressão. Assim, o sistema consiste na combinação entre os agentes de limpeza, ação mecânica, tempo e temperatura que são identificados como os 4 parâmetros essenciais do sistema CIP. (GOMES ; BUENO, 2016)

Manter esse processo em pleno funcionamento demanda uma quantidade alta de insumos, energia elétrica e manutenções frequentes. Para ASSELT et al (2005), em uma indústria de laticínios, por exemplo, mais de 80% dos custos envolvidos no processo dessas indústrias estão relacionados principalmente aos custos de higienização. Assim, os custos envolvidos a esse processo, bem como a garantia de um processo de limpeza feito de forma correta com a utilização adequada de insumos, estão diretamente relacionados a uma indústria cada vez mais competitiva.

O modo como esse procedimento de limpeza é feito pensando-se a quantidade de cada insumo, o número de etapas e o tempo de ação, são chamados de “Receita CIP” e estão condicionados a particularidade de cada processo e a fonte de matéria orgânica que precisa ser removida para garantir a higienização e sanitização adequada desses equipamentos.

1.2 Caso estudado

O uso em excesso de insumos químicos e água no Sistema de Limpeza Local - CIP - é bastante comum. Tanto pelo receio de haver contaminação microbiológica ou por ocorrerem desvios na ação operacional. Assim, é imprescindível que a equipe de processos em uma unidade de produção reavalie o sistema de limpeza com certa periodicidade, ou sempre que houver questionamentos a respeito de algum dos parâmetros fundamentais do CIP para então sanar pontos de perdas, avaliar a eficiência do processo e verificar se há a estabilização de microrganismos a um ambiente constante.

Dessa forma, o estudo de caso identificado está inserido em uma fábrica de refrigerantes localizada no município de Várzea Grande - MT. O sistema de limpeza local possui uma receita e frequência já previamente estabelecidas.

A planta não apresenta problemas microbiológicos que necessitem da investigação do bom funcionamento do sistema CIP. A receita CIP da unidade tem sido reavaliada de forma constante nos últimos anos, desejando sempre uma redução nos custos do processo e na otimização dos recursos, visto que foi observado pela supervisão de qualidade a importância de se verificar falhas no sistema que impactam em custos e eficiência de processo. A partir dessas informações, o estudo de caso foi proposto.

Considerando também, que a demanda por água tem aumentado significativamente nessa fábrica nos últimos anos e que a última revisão de receita CIP não validou de forma completa os parâmetros fundamentais citados assim foi notada a importância de se reavaliar a receita para sua validação.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Estudar o sistema CIP dessa unidade de produção de refrigerantes e identificar possíveis pontos de melhoria no sistema de limpeza.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Aplicar uma ferramenta de melhoria contínua para o caso estudado;
2. Avaliar os parâmetros fundamentais do CIP:
Tempo/Temperatura/Concentração/Vazão;
3. Avaliar possibilidades de Redução de uso de água e insumos;
4. Propor melhorias ao sistema CIP atual da indústria;
5. Identificar possíveis desvios de operacional.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O processo produtivo dos Refrigerantes

O refrigerante é uma bebida gaseificada que surgiu no século XVII em Paris e seus ingredientes básicos eram água, suco de limão e mel, ou seja, originalmente, não havia gás. Foi somente a partir do ano de 1772 que Joseph Priestley, cientista inglês, iniciou suas experiências com gaseificação de líquidos que a bebida popularmente conhecida como refrigerante teve a sua característica primordial inserida. (BERNARDINO, 2002)

Os refrigerantes são conceituados como bebidas não alcoólicas, produzidas principalmente com água - cerca de 83% a 98% do total do produto - açúcar, suco natural ou extrato vegetal, conservante, acidulante, antioxidante, corante, aromatizante e gás carbônico, como o restante do mesmo. Como todo alimento processado, o refrigerante possui padrões que garantem a sua qualidade e a integridade do produto. A produção de refrigerantes envolve essencialmente duas etapas. A produção de um xarope simples e outro composto e da etapa de mistura com reação de carbonatação, que é seguida de envase. (CELESTINO, 2010)

O gás carbônico, seu ingrediente fundamental e básico, é o único gás apropriado para a produção de refrigerante, isso porque sua solubilidade é elevada possibilitando com que se mantenha dissolvido na bebida, permitindo a liberação de um atrativo de bolhas. (BERNARDINO, 2002)

Para que possa transmitir as características desejadas a bebida, ele precisa estar com alto grau de pureza. Isso pois, em porcentagens menores do que o seu valor mínimo pode ser considerado um veículo de deterioração aromática. O CO_2 é um gás incolor, pouco reativo, não tóxico, sem sabor, quando em solução aquosa apresenta sabor ácido e um ligeiro odor picante, resultante da formação do ácido carbônico (H_2CO_3). A pureza mínima exigida deve ser de aproximadamente 99,9% e total inexistência de óleo. (SANT'ANA et al., 2003)

É importante destacar que o processo de carbonatação apresenta a sua solubilidade em água como função inversa à temperatura. Assim, quanto mais baixa for a temperatura, desde que acima do 0°C , maior será a solubilidade do gás na mesma. (SANT'ANA, A. S. et al, 2003)

2.1.1 A Produção de Xarope Simples

O xarope simples compreende a mistura de sacarose granulada misturado com água potável tratada. Esse xarope simples é aquecido a uma temperatura de cerca de 82°C a 85°C para o seu cozimento completo. Em seguida ele é encaminhado para um tanque de filtração com carvão ativado e terra diatomácea para sua clarificação e remoção de impurezas. Após esse processo o xarope é resfriado por meio de um trocador de calor do tipo placas e transferido para um tanque construído de aço inoxidável com a presença de agitadores mecânicos onde receberá os demais ingredientes. (CELESTINO, 2010)

2.1.2 A Produção de Xarope Composto

O xarope composto é preparado adicionando ao xarope simples os extratos da fruta que compõe o sabor principal e os demais ingredientes (acidulantes, conservantes, corantes). Esse processo é feito em um tanque agitado, de forma lenta e cuidadosa para que não ocorram precipitações ou turvações da bebida. A ordem desses ingredientes também é de suma importância para garantir uma correta homogeneização e também para evitar possíveis precipitações e turvações (CELESTINO, 2010)

A adição deve seguir sempre a ordem: Conservantes, acidulantes, concentrado ou extrato principal, e por fim base aromática. Após o tempo de agitação, o xarope composto e a água carbonatada (água que recebeu CO₂) serão misturados em um equipamento específico denominado carbocoolers, representado na Figura 1.

Durante esse processo de mistura, na mesma máquina há a desaeração dessa água, resfriamento e o elemento proporcionador (que faz a proporção de xarope composto por água carbonatada). (CELESTINO, 2010)

Figura 1 – Máquina carbocooler



Fonte: (CELESTINO, M. 2010)

Completado o processo de mistura e carbonatação adequados, o produto é imediatamente enviado para a etapa de envase, para que não haja perda de gás. A figura 2 a seguir é um exemplo de parte dessa etapa.

Figura 2 – Máquina Envasadora



Fonte: (CELESTINO, M. 2010)

2.1.3 Os parâmetros de qualidade do Refrigerante

Como todo alimento processado, o refrigerante possui padrões que garantem a sua qualidade e a sua integridade, assim fazem parte dos padrões, parâmetros físico-químicos, sensoriais e limites microbiológicos. (BERNARDINO, 2002)

Existem padrões que são fundamentais ao monitoramento e controle dos parâmetros de qualidade da produção de refrigerantes. Os principais são o índice de °Brix, Acidez titulável, pH e teor de CO₂. O índice de °Brix é medido com auxílio de equipamentos refratômetros. Esses equipamentos medem a alteração do índice de refração da luz na água sob presença de sólidos e, por meio dessa mudança, é possível determinar a quantidade de soluto presente na solução aquosa.

Na produção dos refrigerantes a base de açúcar, esse processo é uma das formas mais comuns para o controle de processo de produção pelo controle de qualidade, pois é através do “Brix” da bebida, que se verifica a distribuição uniforme da formulação desejada e a conformidade com os padrões da legislação para o tipo de bebida fabricada. (OLIVEIRA, 2007)

Já o parâmetro de acidez titulável é de grande importância na avaliação do estado de conservação de um alimento, ou seja, sua análise fornece dados a respeito de como se encontra aquele produto em termos de contaminação, pois um processo de decomposição, seja por hidrólise, oxidação ou fermentação, quase sempre altera a concentração dos íons hidrogênio. (GUBOLINO, 2007)

SANT’ANA et al., (2003) indica que dentre os parâmetros físico-químicos da qualidade, o teor de CO₂ é o que indica a eficiência do processo de carbonatação. Para realização dessa análise é preciso medir a pressão gasosa interna do gás em uma garrafa e cruzar esse dado com os de temperatura dessa mesma amostra.

Em se tratando das análises sensoriais, elas são parte fundamental na indústria de alimentos para a seleção, pesquisa e desenvolvimento de novos produtos, e também para as ações de monitoramento do controle de qualidade bem como para testes de mercado para identificar a percepção dos consumidores a respeito do produto desenvolvido. (GUBOLINO, 2007)

É através dessas análises sensoriais que muitas reações das características dos alimentos são interpretadas ou percebidas pelos sentidos humanos. Por meio do sentido da Visão: obtém-se a primeira impressão do produto quanto à aparência geral: cor, tamanho, formato, brilho e turbidez; pelo sentido do Olfato: nota-se a presença do aroma e odor; e pelo mais famoso, o sentido do Paladar, avalia-se a percepção dos órgãos gustativos (especialmente a língua) quando estimulados por determinadas substâncias com características de doce, salgado, amargo e ácido. (GUBOLINO, 2007)

A sensibilidade ao paladar varia entre as pessoas, e o fator que influencia na percepção do gosto é a temperatura. O máximo de sensibilidade e habilidade sensorial ocorre na faixa entre 10 e 35 °C. Com o aumento da temperatura, há um aumento na sensibilidade para o gosto doce e diminuição para o gosto salgado e o amargo. Por isso, testa-se um produto na temperatura em que ele é consumido (GUBOLINO, 2007)

2.2 Tratamento de Água

A água é o principal componente das soluções de limpeza e também o ingrediente em maior volume da produção de refrigerantes. Esta deve ser cuidadosamente tratada e seus parâmetros devidamente monitorados. Assim, a água utilizada para esses processos deve atender a diversos critérios de qualidade estabelecidos. A água deve ser considerada potável, própria para consumo humano (livre de íons metálicos, micro-organismos e patógenos deteriorantes). (FUNASA, 2014)

Assim, mesmo sendo indispensável a manutenção da saúde humana, a água quando captada diretamente de poços ou rios pode conter determinadas substâncias indesejáveis, como elementos químicos ou microrganismos que podem causar danos à saúde humana e prejudicar a qualidade do produto final, assim é de fundamental importância que ela seja tratada para eliminar ou reduzir a concentrações aceitáveis. Para tanto, ao longo do processo de uma estação de tratamento diversos parâmetros devem ser rigorosamente monitorados, como o de dureza total, dureza cálcica, silicatos, ferro e magnésio, cloretos, sulfatos, e nitratos, turbidez, contagem total de bactérias, sólidos totais dissolvidos e pH. (FUNASA, 2014)

Para tal, a qualidade da água destinada ao envase ou produção de bebidas é regulamentada e normatizada pela Norma (RDC) Resolução da Diretoria Colegiada, 13 de novembro de 2019, para os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água própria para consumo humano.

Dessa forma, uma fábrica comum de refrigerantes deve possuir uma estação de tratamento de água com operações básicas tais como captação, filtração, cloração, filtração por carvão ativado e areia, abrandamento, polimento e análises microbiológicas. (FUNASA, 2014)

O Processo de tratamento é iniciado logo que a água é captada, (seja de poços ou rios) e enviada para cisterna para armazenamento. É na cisterna que o processo de desinfecção é iniciado através de um processo de cloração. O cloro pode ser adicionado em forma de

pastilhas ou líquido e deve estar em uma concentração de aproximadamente 4 ppm a 8 ppm. O seu uso é de extrema importância para a desinfecção, oxidação e precipitação de material inorgânico presente na água. (FUNASA, 2014)

Após a cloração a água é enviada para os filtros de areia onde ocorre o processo de filtração primária para remoção de partículas grosseiras. A partir dos filtros de areia a água seguirá para os filtros de carvão ativado. Nesses filtros ocorre a etapa de remoção do cloro adicionado inicialmente.

A sua remoção de forma eficiente é de grande importância no processo, visto que o residual de cloro na água causa oxidação de muitas características organolépticas dos refrigerantes e dessa forma refletem também na sua qualidade final. (CELESTINO, 2010)

Realizada a decloração, a água é então enviada para o sistema de abrandamento. O sistema consiste em equipamentos abrandadores que são constituídos por resinas catiônicas que serão responsáveis pela remoção de íons de cálcio e magnésio que conferem dureza a água. (FUNASA, 2014)

A remoção dessa dureza também é importante visto que uma água dura também atrapalha o processo de elaboração do xarope e padrões físico-químicos adequados para a bebida final. (FUNASA, 2014)

Por fim a última etapa a que a água segue é a etapa de polimento. O polimento é realizado por meio de equipamento de filtro polidor, um tanque hermeticamente fechado com elementos microporosos por onde a água passa e são retidos qualquer material maior do que 5 micras. Por fim, a água já se encontra nos padrões potabilidade e pode seguir para o setor de xaroparia e linhas de envase.

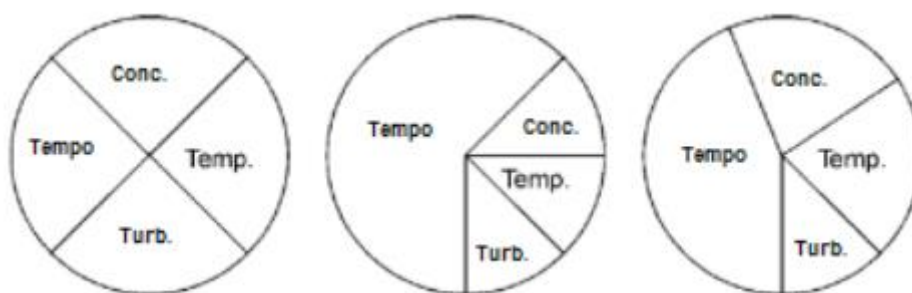
2.3 O Sistema de Limpeza CIP

O sistema de limpeza CIP foi desenvolvido a princípio para a indústria de laticínios e conforme as vantagens desse sistema eram obtidas, logo ele foi amplamente distribuído e se materializou como parte essencial em diversos outros processos produtivos. (CLARK, 2009)

O CIP é a limpeza de todas as partes da planta ou circuitos de tubulações sem desmontar ou abrir os equipamentos e com pouco ou nenhuma intervenção operacional. Dessa forma, ele envolve a circulação das soluções de limpeza sob condições de elevada turbulência e alta velocidade de fluxo. Existem fatores ou parâmetros que combinados adequadamente permitem uma remoção eficaz dos resíduos em tubulações e equipamentos. (TAMIME, 2008)(GOMES ; BUENO, 2016)

Os parâmetros são tempo, temperatura, concentração e vazão e são conhecidos como os 4T's do CIP e a influência de cada um desses fatores foi estabelecida por Sinner em 1960. Estabelece que se um dos quatro fatores for mudado, precisa-se compensar com os outros fatores para obter os mesmos resultados anteriores, ou seja é necessário que haja um equilíbrio dentro dos 4Ts, conforme ilustrado na Figura 3. (TAMIME, 2008)(GOMES ; BUENO, 2016)

Figura 3 - Círculo de Sinner e os parâmetros de limpeza



FONTE: Adaptado de TAMIME, A. (2008); SINNER (1960)

2.3.1 Tempo

O tempo de contato adequado para o processo de higienização é fundamental para a sua eficiência. A determinação e padronização do mesmo deve ser suficientemente longo para que as reações químicas ocorram e o arraste da sujidade ocorra. As reações entre a sujidade e a solução de limpeza ocorrem de forma mais rápida nos minutos iniciais do processo, dessa forma há um tempo determinado a partir do qual a eficácia do processo não será aumentada com o acréscimo de tempo. (TAMIME, 2008) (BREMMER et al., 2006)

Logo, esse parâmetro precisa ser escolhido de forma apropriada, já que tempo prolongado sem eficiência de limpeza prejudicam a produtividade da indústria causado pela parada na produção para que a etapa de higienização seja realizada. Dessa forma, pode acarretar um

aumento nos custos por consumo de energia em equipamentos e demais atividades. (TAMINE, 2008) (BREMMER et al., 2006)

O tempo é traduzido de forma bastante clara nas “receitas de CIP”. A receita se trata da programação do CIP. A programação refere-se a uma sequência onde estão organizados a frequência da limpeza e o tempo de circulação dos enxágues e soluções de limpeza. Para adequá-lo é importante que seja avaliada em conjunto os valores de concentração, ação mecânica e temperatura. Ou seja, para ajustar a receita são utilizados dados experimentais e avaliação contínua do processo. (TAMIME, 2008). (MOERMAN;RIZOULIÈRES; MAJOOR, 2014)

Na tabela 1 é possível identificar uma programação de CIP adaptada com base em dados do trabalho de Moerman, F., et al (2014).

Tabela 1 - Tabela CIP – Literatura

Etapas de Limpeza	Concentração (%)	Temperatura (°C)	Duração (Min)	Reuso/Descarte
Primeiro enxágue (água potável limpa, ou solução de detergente alcalino retornado)	-	Ambiente (25°)ou eventemente aquecida (45°)	3 - 10 min	Descarte – primeiro enxágue é totalmente descartado alta carga orgânica)
Solução Alcalina	1 – 3 %	55°C – 90°C	10 – 30 min 60 min – idade muito oleosa	Reutilização indicada
Primeiro Enxágue intermediário	-	Ambiente (25°)ou eventemente aquecida (45°)	3 – 10 min 30 min – (altas concentrações de soda)	Reutilização indicada
Solução Ácida	0,5 – 2%	50° – 70°	3 – 20 min	Reutilização indicada

Segundo enxágue intermediário	-	Ambiente (25°)ou eventemente aquecida (45°)	3 – 10 min 30 min – (altas concentrações de ácido)	Reutilização indicada
Sanitização	0,2 – 2,5%	Ambiente (25°)	10 – 30 min	Pouco reutilizada
Enxágue Final	-	Ambiente (25°)ou eventemente aquecida (45°)	3 – 10 min 30 min – (altas concentrações de ácido)	Reutilização indicada
Sanitização por água quente	Água limpa estéril	70° - 95°	5 – 60 min	Reutilizada ou Descartada

Fonte: MOERMAN, F., et al (2014)

Para garantir enxágues intermediários completos, ou seja, assegurar que não há resíduos químicos da solução anterior, o enxágue deve ser monitorado realizando-se testes de pH, condutividade ou indicadores. Os resultados devem atender aos valores mínimos e máximos da água sem apresentar características básicas ou ácidas. (MOERMAN; RIZOULIÈRES; MAJOOR, 2014)

A receita trazida pelos autores faz referência a processos e recomendações generalistas, como os próprios sugerem, dentro destes parâmetros, as programações ou “receitas” de CIP devem ser aplicadas e fundamentadas nos testes experimentais e necessidades de cada processo, e assim reformuladas quando há necessidade ou indícios dessa possibilidade.

Outra informação bastante pertinente trazida pelos autores refere-se a receita para inativação de esporos, caso sejam detectados em análises microbiológicas. Para a sua inativação, deve-se usar vapor saturado (não superaquecido e livre de gases não condensáveis) e as temperaturas devem ser mantidas acima de 121 °C por um período de tempo de aproximadamente 20 minutos. (MOERMAN; RIZOULIÈRES; MAJOOR, 2014)

2.3.2 Ação mecânica

A ação mecânica é responsável pelo contato entre os resíduos e os agentes de limpeza. Ocorre de forma manual ou através da energia cinética, gerada pela circulação de soluções que possuem uma força de cisalhamento nas paredes das tubulações. (LELIEVELD et al., 2005)

No sistema de limpeza há o escoamento da solução e essa transportará o detergente à incrustação, onde existe o contato e arrastamento das sujidades para fora do equipamento que está sendo limpo. Assim, com a finalidade de favorecer a transferência de massa e calor no equipamento, o ideal é a utilização de um fluxo turbulento, diminuindo a camada laminar entre a superfície e a solução. (LELIEVELD et al., 2005).

As características de fluxo de um líquido em um tubo podem ser laminares ($Re < 2000$), transicional ($2000 < Re < 4000$) ou turbulento ($Re > 4000$), e são influenciados por fatores, incluindo diâmetro do tubo, momento do fluido e viscosidade do fluido. (MOERMAN; RIZOULIÈRES; MAJOOR, 2014)

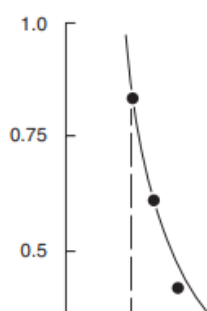
Se a velocidade for muito baixa e o padrão de fluxo resultante for laminar, há uma limitação da interação entre a solução de limpeza e a superfície suja, o que reduz, assim, o potencial de limpeza dela. Dessa forma, a eficácia da operação de limpeza pode ser melhorada aumentando a velocidade da solução. (MOERMAN; RIZOULIÈRES; MAJOOR, 2014)

Timperley e Smeulders (1988) trazem que o projeto e a operação de um sistema CIP precisam garantir uma velocidade alvo de pelo menos $1,5 \text{ m.s}^{-1}$ para a passagem de fluidos de limpeza.

Apesar das discussões acerca de velocidades maiores ou menores poderem garantir um regime suficiente de turbulência a depender das características do equipamento. O valor indicado pelos autores é referência para a validação da ação mecânica. (LELIEVELD et al., 2005)

No Gráfico 1 é possível identificar a razão entre o tempo de limpeza e a velocidade de escoamento, havendo uma estabilização no tempo de limpeza a partir de $1,5 \text{ m.s}^{-1}$ de velocidade de escoamento. (MOERMAN; RIZOULIÈRES; MAJOOR, 2014)

Figura 4 - Tempo de limpeza por velocidade de fluxo nos canos em (m/s)



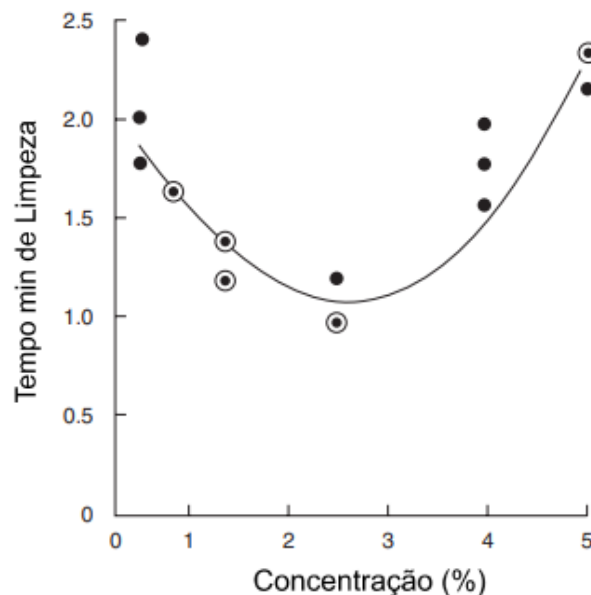
Velocidade de escoamento (m/s)

FONTE: Adaptado de MOERMAN, F., RIZOULIÈRES, P., MAJOOR, F. A. (2014).

2.3.3 Concentração

A proporção de produto agente químico é etapa de reação da limpeza. Ela é responsável pela diminuição da força de adesão dos resíduos a superfície e facilitar a sua remoção. As soluções de limpeza, denominadas de detergentes, devem se dissolver em água, agindo de forma rápida no resíduo, ser capaz de carregá-los sem que ele se deposite novamente, e assim possibilitar um enxague fácil, observada na figura 5. (LELIEVELD et al., 2005)

Figura 5 - Tempo mínimo de limpeza x concentração da solução detergente (%)



FONTE: Adaptado de MOERMAN, F., RIZOULIÈRES, P., MAJOOR, F. A. (2014).

Para diversas literaturas tem-se que cerca de 1% de solução de soda cáustica é o suficiente para a limpeza de tanques de armazenamento, tubulações e tanques de fermentação. Já para a limpeza de tanques multiuso e trocadores de calor do tipo placas 2%. Enquanto para uma remoção completa de resíduos orgânicos em plantas de temperatura ultra-alta (UHT) deve-se

adotar uma concentração entre 2% e 3% de NaOH. (MOERMAN; RIZOULIÈRES; MAJOOR, 2014)

Soluções de até 5% podem ser necessárias para limpar equipamentos muito sujos, e as soluções ácidas são normalmente usadas com uma concentração menor de 1% (na faixa entre 0,5 e 2,0 %), isso porque concentrações mais altas levam a corrosão de superfícies metálicas e a deterioração de equipamentos e tubulações. (MOERMAN; RIZOULIÈRES; MAJOOR, 2014)

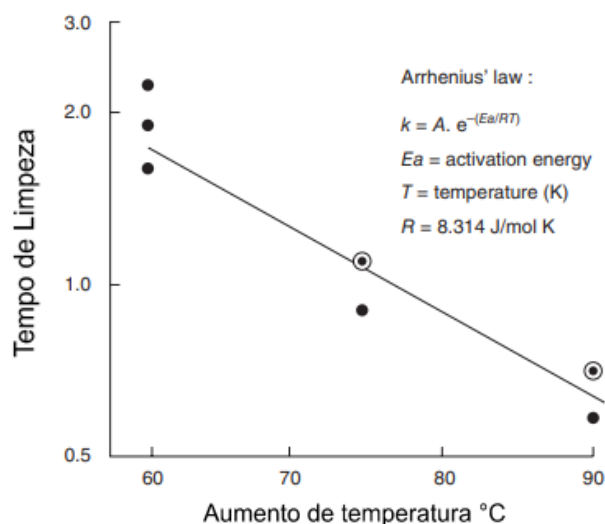
2.3.4 Temperatura

É sabido que para diversos processos reacionais, altas temperaturas implicam em velocidades maiores de reação, o que, aplicado aos produtos de limpeza, proporciona uma ação mais eficiente dos detergentes. (LELIEVELD et al., 2005)

Mas também é importante que essa energia térmica não esteja além do necessário, porque caso a temperatura esteja muito elevada ela pode causar modificações nos resíduos, como por exemplo (TAMIME, 2008) temperaturas acima do ponto de derretimento de gorduras facilitam sua remoção, entretanto temperaturas muito altas podem ocasionar a desnaturação de proteínas, o que dificultaria o processo de limpeza ao invés de ajudá-lo. (MOERMAN; RIZOULIÈRES; MAJOOR, 2014)

A relação entre aumento de temperatura e tempo de limpeza é traduzida Graficamente por Timperley e Smeulders (1988). Pode-se notar que o aumento da temperatura possui uma relação direta de diminuição no tempo de realização da limpeza, observado na figura 6.

Figura 6 - Tempo de limpeza por aumento de temperatura (°C)



FONTE: Adaptado de MOERMAN, F., RIZOULIÈRES, P., MAJOOR, F. A. (2014).

No entanto, temperaturas muito altas podem afetar negativamente o processo de limpeza e estabilidade química da sujidade alvo, o que pode resultar na formação de um filme de sujeira, contrariando o princípio de limpeza. (MAJOOR, 2003) (LELIEVELD et al., 2005)

Muitas proteínas são desnaturadas em temperaturas acima 80°C e até potencialmente em temperaturas muito baixas, o que resulta em depósitos orgânicos e a formação de um filme sob a superfície (MAJOOR, 2003) (LELIEVELD et al., 2005).

Por isso, como regra geral, o processo de limpeza deve ser realizado na mesma temperatura de processamento. (LELIEVELD et al., 2005)

2.3.5 Natureza dos Resíduos

Para compreender o sistema de limpeza é importante saber a natureza química dos resíduos de processo a que ele irá atuar. A sua natureza implicará em processos mais agressivos ou brandos, que demandam diferentes concentrações de produtos, tempos de limpeza e treinamentos especializados.

Assim, os métodos de limpeza, o tipo de produto empregado e a intensidade dependem diretamente das características dos resíduos, o que se torna fundamental para uma limpeza satisfatória o conhecimento das características dos resíduos em questão. (LELIEVELD et. al., 2005).

Inicialmente os resíduos podem ser divididos em dois tipos básicos: os solúveis em água e os insolúveis. Os resíduos solúveis em água são facilmente removidos, pois requerem somente uma simples ação de dissolução, dentre esses estão os sais inorgânicos, açúcares e amidos. Enquanto os resíduos solúveis em água geram problemas maiores durante o procedimento de higienização e podem ser divididos em resíduos orgânicos e inorgânicos (TAMIME, 2008).

Os resíduos orgânicos possuem origem animal ou vegetal e podem se apresentar, principalmente, como proteínas, gorduras e óleos e possuem como principal problema o fato de formarem resíduos carbonizados se submetidos a temperaturas muito altas, que são

extremamente difíceis de serem removidos. Este tipo de resíduo pode, ainda, facilitar a formação de depósitos microbiológicos, pois são os substratos deles (LELIEVELD et. al., 2005).

Já os resíduos inorgânicos resultam principalmente da dureza da água e se não forem removidos, reduzirão a eficiência da transferência de calor dos equipamentos e podem danificá-los permanentemente (TAMIME, 2008). Os resíduos orgânicos devem ser geralmente removidos utilizando detergentes com compostos alcalinos, enquanto os inorgânicos através de produtos ácidos.

O desenho higiênico consiste no projeto e na construção de equipamentos pensando na etapa de higienização e não apenas no processamento do produto final. A geometria dos equipamentos pode gerar acúmulos de água e formação de produtos indesejáveis, além de afetar o fluxo e o contato da solução de limpeza com as paredes do equipamento. (LELIEVELD et. al., 2005).

2.4 Soluções de Limpeza

2.4.1 Detergentes

Os detergentes são produtos de formulações de múltiplos componentes e tem como função solubilizar e reagir com certos tipos de resíduos. Deve possuir um agente com alto poder umectante para a redução da tensão superficial do meio e ajudar o líquido de limpeza a penetrar entre o resíduo e superfície. Eles podem ser divididos em três tipos diferentes: alcalinos, neutros ou ácidos. (LELIEVELD et. al., 2005).

2.4.2 Detergentes Alcalinos

As formulações de detergentes alcalinos são indicadas para remover os resíduos de natureza orgânica e geralmente consistem nos seguintes ingredientes NaOH ou KOH: possuem igual poder de hidrolisação e peptização sobre gordura e proteínas, respectivamente. O enxágue de KOH é mais fácil no entanto o uso de KOH é menos comum devido ao seu custo. (LELIEVELD et. al., 2005).

2.4.3 Detergentes Ácidos

Os detergentes do tipo ácido são indicados para a remoção de depósitos minerais. Um detergente do tipo ácido precisa produzir um pH de 2,5 ou valor inferior para que a solução

trabalhe bem em água dura e mole e cause o mínimo possível de corrosão em metais. As formulações de detergentes ácidos são tipicamente misturas de ácidos inorgânicos, ácidos orgânicos ou sais ácidos, geralmente com a adição de outros ingredientes. São os ácidos inorgânicos amplamente utilizados: ácido nítrico, sulfúrico, sulfônico e fosfórico. (LELIEVELD et. al., 2005).

2.4.4 Produtos Sanitizantes

Os produtos sanitizantes estão focados na desinfecção. A desinfecção visa reduzir o número de microrganismos que deterioram os alimentos. Estes são responsáveis por características de cor, sabor e odor desagradável, além da presença de patógenos que podem estar presentes no equipamento de processo mesmo após a limpeza.

Para que a desinfecção seja bem-sucedida, as superfícies dos equipamentos de processos devem ter sido devidamente limpas a nível suficiente para agir sobre os microrganismos. Os produtos químicos usados em formulações desinfetantes são: desinfetantes oxidantes (hipocloritos, iodóforos, ozônio, ácido peracético, peróxido de hidrogênio), cuja atividade oxidante elimina microrganismos. (LELIEVELD et. al., 2005).

E também os desinfetantes não oxidantes que são compostos à base de amônio quaternário, que matam ou inativam micro-organismos por reações complexas não oxidativas no exterior ou no interior da célula microbiana. O formaldeído e os fenólicos são muito eficazes, mas são tóxicos, irritantes e causam odores desagradáveis. (LELIEVELD et. al., 2005).

2.5 Componentes Básicos

2.5.1 A Central CIP

Um sistema CIP típico consiste basicamente de um tanque cáustico, um tanque ácido e um tanque com água. Todos os tanques estão interligados por tubulações, provido de válvulas e “*manifold*” com alimentação CIP e bombas de avanço e em casos de reutilização, denominado retorno. (MOERMAN, F., RIZOULIÈRES, P., MAJOOR, F. A. , 2014) (LELIEVELD et. al., 2005).

Produtos químicos como detergentes e as soluções detergentes são armazenadas ou preparadas apenas em um determinado local, o que é benéfico para a segurança do operador, pois

é necessário menos espaço e porque não há tanques, bombas, válvulas etc. adicionais localizados em outras áreas do processo em que possam comprometer a higiene na sala de processo. (LELIEVELD et. al., 2005).

2.5.2 Tubulações

As tubulações compõem o sistema de canos, os canos são os objetos nos quais os fluidos são transportados. Esse processo deve ocorrer de forma livre, ou seja, sem becos sem saída, devidamente apoiados para evitar o arqueamento da linha, e regiões de ponto morto. Essas Regiões se referem aos pontos onde há ao acúmulo de resíduos que não foram atingidos pelo sistema de limpeza e que podem levar a contaminações. (MOERMAN; RIZOULIÈRES; MAJOOR, 2014)

O produto, as soluções de limpeza e as águas de enxágue devem ser rapidamente removidos. A rede de tubulações também deve possuir sistemas para outros meios (além do produto acabado), como água, vapor, soluções de limpeza, refrigerante(amônia) e ar comprimido. Um sistema de águas residuais para drenagens também é necessário. (MOERMAN; RIZOULIÈRES; MAJOOR, 2014)

Todos esses sistemas são basicamente construídos na mesma maneira. Os seguintes tipos de acessórios estão incluídos no sistema de tubulação do produto: Tubos retos, curvas, redutores e uniões; bem como válvulas para parar e direcionar o fluxo, válvulas para controle de pressão e fluxo, suportes de tubos, entre tantos outros.

2.5.3 Tanques de Preparo de Solução

Para diluir os produtos de limpeza concentrados, são utilizados tanques construídos com aço inox com diversos volumes, a depender da capacidade da central do CIP (1000L, 2000L, 3000L, 5000L).

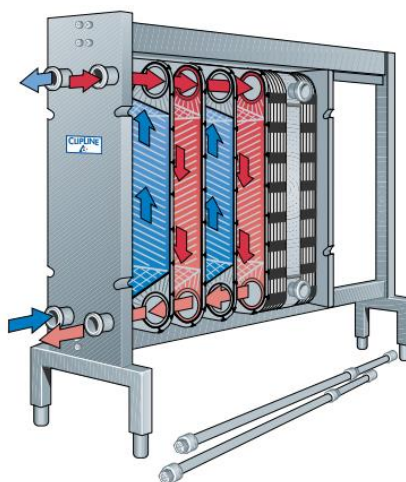
2.5.4 Trocadores de calor

O trocador de calor do tipo placas (geralmente abreviado como PHE) é o equipamento mais comumente utilizado para realizar as trocas térmicas do processo. Ele consiste em um pacote de placas de aço inoxidável presas em uma estrutura. A estrutura pode conter vários pacotes de

placas separados por seções, nas quais ocorrem diferentes etapas de tratamento, como o pré-aquecimento, o aquecimento final e o resfriamento. (TETRA PAK, 1993)

O meio de aquecimento é por meio da água quente e o meio de resfriamento é por meio da água fria, água gelada ou propilglicol, dependendo da temperatura de saída do produto. As placas são dispostas em um padrão projetado para uma transferência calor de forma eficiente. As placas são comprimidas em forma de pacotes na estrutura. Pontos de apoio nas ondulações mantêm as placas afastadas de modo que os canais finos possam ser formados entre elas e permitir a passagem dos fluidos, na Figura 7. (TETRA PAK, 1993)

Figura 7 - Trocador de calor do tipo Placas



Fonte: Tetra Pak (1993)

Para realizar o aquecimento, também é possível através de uma jaqueta ou bobina de aquecimento, ou vapor direto injeção no tanque ou *loop* de preparação pode ser aplicada. Se um calor externo trocador é usado, o fornecimento de vapor para este é controlado pela temperatura sinal do sensor de temperatura posicionado no circuito de circulação sobre o tanque com a solução a ser aquecido.

2.5.5 Equipamentos de Automação

Considerando as necessidades de cada sistema diversos recursos podem ser utilizados para manter o controle operacional mais eficientes. A automação significa que todas as ações necessárias para controlar um processo com eficiência ideal sejam tratadas por um sistema de controle com base nas instruções que foram programadas nele. (TETRA PAK, 1993)

Assim, conforme as necessidades de cada planta (volume de produção, controle de insumos, instrução técnica, recursos financeiros) adequa-se as necessidades do projeto. Os equipamentos de controle que podem ser instalados para automatizar o sistema CIP são: sensores, atuadores e controladores. (TETRA PAK, 1993)

O controle preciso do processo significa que as perdas de produto e o consumo de meios de serviço, soluções de limpeza e energia são mantidos a um nível absoluto mínimo.

Assim, a automação corretamente aplicada, consegue trazer benefícios práticos e mensuráveis, destacando-se: segurança, qualidade do produto, confiabilidade, economia de produção, produção flexível, controle de produção. (TETRA PAK, 1993)

São equipamentos comuns para um controle adequado de CIP, sensores condutivímetro, de nível, e um controlador lógico programável.

Figura 8: Sensor condutivímetro



FONTE: < <https://www.directindustry.com/pt/prod/krohne-messtechnik/product-5863-1297949.html>>

2.6 Sistemas CIP

2.6.1 Sistema de Uso único

Em um sistema CIP de caminho único, uma solução de limpeza recém-preparada é fornecida a partir de um único tanque cheio de água para o qual os agentes de limpeza são adicionados no tanque ou em linha. Não há circulação residual nesse sistema de limpeza, ou seja, as soluções de lavagem e enxágue não são devolvidas à central CIP e a solução de limpeza é drenada. Não é preciso muito investimento em equipamento adicional para realizar essa limpeza. (MOERMAN; RIZOULIÈRES; MAJOOR, 2014)

A principal desvantagem deste sistema é que os fluidos de limpeza são utilizados uma única vez, o que significa que são descartados ao final da etapa. Este método CIP de caminho único é recomendado apenas para plantas onde o processo e equipamentos estejam muito sujos ou altamente especializados, como por exemplo membranas de separação, devido à especificidade dos produtos de limpeza utilizados. Este conceito também é apropriado e comumente utilizado quando o risco de contaminação cruzada é alto, como por exemplo a indústria farmacêutica. (MOERMAN; RIZOULIÈRES; MAJOOR, 2014)

2.6.2 Sistema de Reuso ou Multiuso

Um sistema CIP de reutilização possuirá um tanque cáustico, um tanque ácido, um tanque de recuperação de água (por exemplo, para recuperar a água do último enxágue de um ciclo de limpeza, que é reutilizada como água de pré-lavagem no ciclo seguinte), e um tanque contendo a água para o enxágue final. Todos os tanques estão interligados por tubulações, provido de válvulas e “*manifold*” com alimentação CIP e bombas de retorno. (MOERMAN; RIZOULIÈRES; MAJOOR, 2014)

Dos recipientes, as bombas dosadoras alimentam quantidades exatas de produtos químicos de limpeza cáusticos ou ácidos concentrados diretamente no tanque cheio de água tanques cáusticos e ácidos, ou esses produtos químicos são injetados em linha em um laço de preparação. Um loop de preparação é um sistema muito eficiente, especialmente quando os tanques cáusticos e ácidos da estação CIP são altos. (MOERMAN; RIZOULIÈRES; MAJOOR, 2014)

O conteúdo de cada um dos tanques CIP é misturado por recirculação sobre o tanque CIP correspondente através da fonte CIP/ bomba de recirculação. Como a condutividade é proporcional à concentração de detergente, sensores de condutividade podem ser usados para verificar e manter a força das soluções de limpeza. (MOERMAN; RIZOULIÈRES; MAJOOR, 2014)

Os produtos químicos detergentes são geralmente alimentados diretamente na base 'sob demanda' de um sinal de um sensor de condutividade. O circuito de recirculação também é equipado com um trocador de calor de placas ou tubos para aquecer as soluções e para mantê-las na temperatura desejada. (MOERMAN; RIZOULIÈRES; MAJOOR, 2014)

2.6.3 Operacional

O processo operacional de CIP demanda diferentes níveis de conhecimento a respeito do processo para que seja executado de forma satisfatória. São atividades desempenhadas o manuseio de produtos químicos, acionamento de bombas, aquecimento de produtos, noções físico-químicas e funções de cada produto detergente. São requisitos a esses profissionais treinamentos atualizados em boas práticas de fabricação (BPF) e as práticas de higiene relevantes para o processo.

Assim, suas atividades demandam treinamento, habilidades, e qualificações apropriadas. A instrução de trabalho para execução da rotina e o monitoramento dos processos, com frequências, deveres e responsabilidades deve ser registrada em forma de procedimento operacional e frequentemente explicada à equipe executora. (LELIEVELD et al.2005).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Diagrama de Ishikawa

Para identificar as causas de não conformidades e obter um panorama geral do que precisa ser adequado no sistema de limpeza para atingir os objetivos propostos, a metodologia utilizada foi uma ferramenta de melhoria contínua denominada Diagrama de Ishikawa juntamente com uma pesquisa bibliográfica descritiva.

O diagrama de causa e efeito, também chamado de diagrama espinha de peixe ou diagrama de Ishikawa, é uma figura que objetiva estabelecer a relação entre todas as causas de um processo e o seu efeito. Cada efeito possui várias categorias de causas, que, por sua vez, podem ser compostas por outras causas (RODRIGUES, 2006).

O diagrama foi nomeado a partir de do seu criador, Kaoru Ishikawa, engenheiro químico japonês e responsável pela chamada “Revolução do Pensamento”. Entendido como o pai do controle de qualidade, defendia que todo problema tinha uma causa-raiz, o diagrama faz parte de um conjunto de ideias aplicadas com o objetivo de revitalizar a indústria japonesa, ele implantou sistemáticas de resolução de problemas baseadas no que foi chamado de filosofias da qualidade. Atualmente compreendidas como a “ Cultura da qualidade”. (RODRIGUES, 2006).

Essas ideias resultaram em sete técnicas conhecidas como as “ferramentas da qualidade”. São elas: O Gráfico de Pareto, o Diagrama de espinha de Peixe, histogramas, folhas de verificação, gráficos de dispersão, fluxogramas, e cartas de controle. (RODRIGUES, 2006). O Diagrama, criado em 1943, uma das maiores contribuições , trouxe grande impacto em função de que a ferramenta foi possui grande facilidade de uso por diversos níveis do setor de trabalho no chão de fábrica, e dessa forma seja, os próprios colaboradores podem aplicá-la, desde à operação até os cargos de diretoria na fábrica. Ele possibilita erve identificar, explorar, ressaltar e mapear fatores que os atuantes naquele processo julguem afetar um problema. (RODRIGUES, 2006).

Já as informações da pesquisa bibliográfica serão obtidas em artigos científicos, sites e livros que têm a intenção de proporcionar conhecimento e esclarecimento sobre a temática estudada. A pesquisa utilizada é qualitativa, os objetivos se enquadram entre exploratórios e

explicativos e o método de abordagem é apresentado como hipotético-dedutivo. Para avaliação dos custos os dados econômicos relacionados a com cada insumo serão obtidos na própria empresa.

3.2 Panorama do caso estudado

3.2.1 Descritivo do Processo de CIP da Unidade

A planta possui 3 receitas de CIP em atuação, que alteram apenas em relação a ausência ou presença de um produto de limpeza. Os 4Ts (tempo, temperatura, concentração, vazão) permanecem os mesmos em cada uma delas, visto que as concentrações não são alteradas, a temperatura mantém-se de acordo com o tipo de produto, e o diâmetro das tubulações também se mantem constante durante o estudo.

Assim, para avaliar os parâmetros de CIP escolheu-se a receita completa, de 7 etapas. A receita se encontra na Tabela 2.

Tabela 2 – Receita Geral de CIP – estudo de caso

Receita de 7 Etapas (80 min)						
Pré enxague	Detergente Alcalino	Água Tratada	Detergente Ácido	Água Tratada	Sanitizante	En xague nal
10 min	10 min	10 min	10 min	10 min	20 min	10 min

Fonte: Autor (2022)

Receita de 7 Etapas (80 min)						
Pré enxague	Detergente Alcalino	Água Tratada	Detergente Ácido	Água Tratada	Sanitizante	Enxágue Final
10 min	10 min	10 min	10 min	10 min	20 min	10 min

Fonte: Autor (2022)

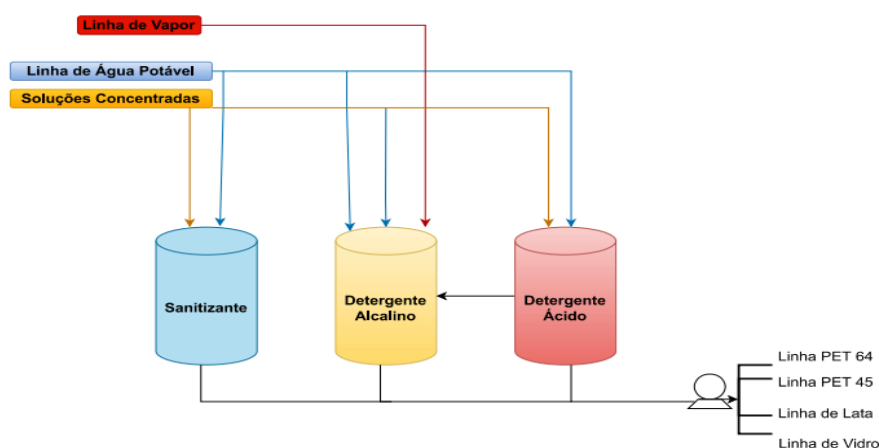
Para compreender onde situam-se as ações de limpeza é importante compreender que a área de envase contém linhas identificadas pelas nomenclaturas: (Pet 64, Pet 45, Lata e Vidro) e são

formadas pelas suas respectivas máquinas enchedora, carbonatador e tubulações. A numeração que acompanha a nomenclatura da linha de envase refere-se a identificação de capacidade produtiva de cada uma delas para a fábrica estudada.

É importante estar ciente também que possui setor de xaroparia, onde localizam-se os tanques de preparo dos xaropes simples e composto. É também no setor onde se encontram os equipamentos trocadores de calor e pasteurizador. É relevante citá-los de forma generalista para localizar os objetos de interesse do sistema de limpeza estudado.

O processo é iniciado na Sala de Cozimento, onde se encontram os tanques de diluição para os produtos de CIP (Detergente Alcalino, Detergente Ácido, e Produto sanitizante). A dosagem é feita de forma manual para os produtos sanitizante e detergente ácido, sendo feita via bomba dosadora apenas a solução de detergente alcalino a base de hidróxido de sódio. A dosagem manual é feita com o auxílio de um balde com marcação indicada de 1 a 10 litros de volume. É possível identificar um fluxograma do processo na Figura 9.

Figura 9 - Fluxograma Central de CIP



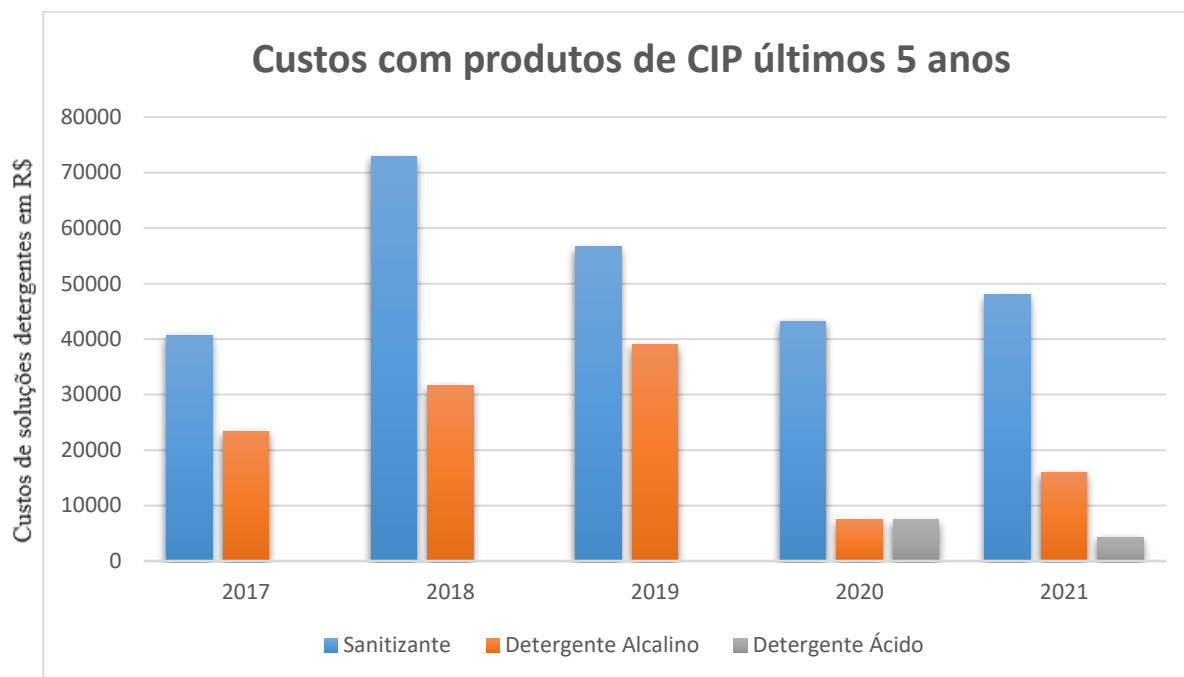
Fonte: Autor (2022)

3.2.2 Custos Soluções de Limpeza

Para demonstrar a relevância dos custos de CIP é importante trazer os dados de consumo dos detergentes formulados para compreender o impacto que eles possuem nas decisões econômicas e de processos no setor. A Receita de CIP utilizada atualmente na unidade foi modificada pela última, com alterações de concentrações de produtos e adição de novo produto, no ano de 2020.

No gráfico 1 abaixo é possível identificar os custos com os produtos detergentes do sistema de limpeza nos últimos 5 anos de análise.

Gráfico 1 - Custos de soluções detergentes em R\$ para os últimos 5 anos



FONTE: Própria Indústria (2022)

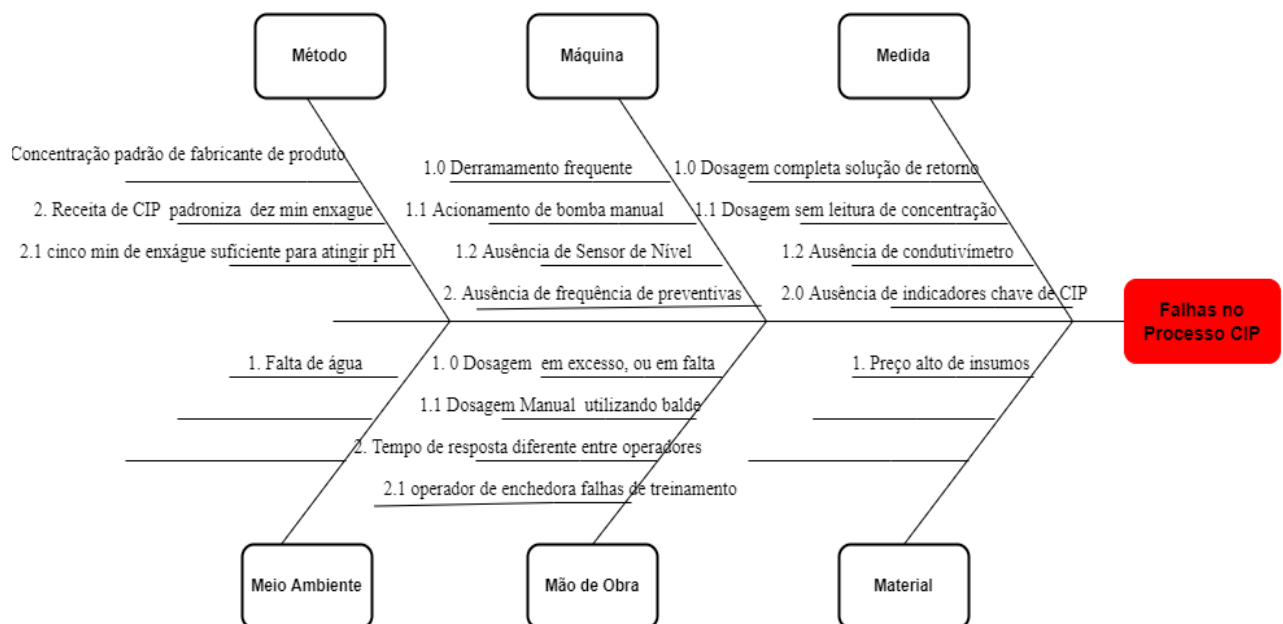
Houve uma troca de fornecedor no ano de 2018, que gerou uma redução nos custos de produto sanitizante e uma redução a partir do ano de 2020 nos custos com detergente alcalino. É possível identificar que antes do ano de 2020 não havia custos significantes com detergente ácido para a remoção de depósitos minerais visto que ele não era utilizado pela unidade.

No entanto, durante esse período de alterações, os quatro parâmetros de CIP não foram validados no momento em questão. Notando a relevância e impacto nos custos ao se verificar com frequência a receita de CIP foi decidido realizar uma validação completa dos quatro parâmetros citados.

3.2.3 Aplicação de Ferramenta de análise de causa Raíz

A análise da causa pode ser feita a partir de diversas categorias que impactam no ou influenciam diretamente no processo. Pode-se encontrar até mais de uma causa raiz para diferentes naturezas sobre a origem da não conformidade. A Figura 10 representa a aplicação da ferramenta de análise de causa raiz relacionada aos fatores: Medida, Máquina, Método, Meio ambiente, Mão de Obra e Material.

Figura 10: Diagrama de Ishikawa para identificação de Falhas no processo CIP



FONTE: Autor (2022)

OS 6M'S IDENTIFICADOS

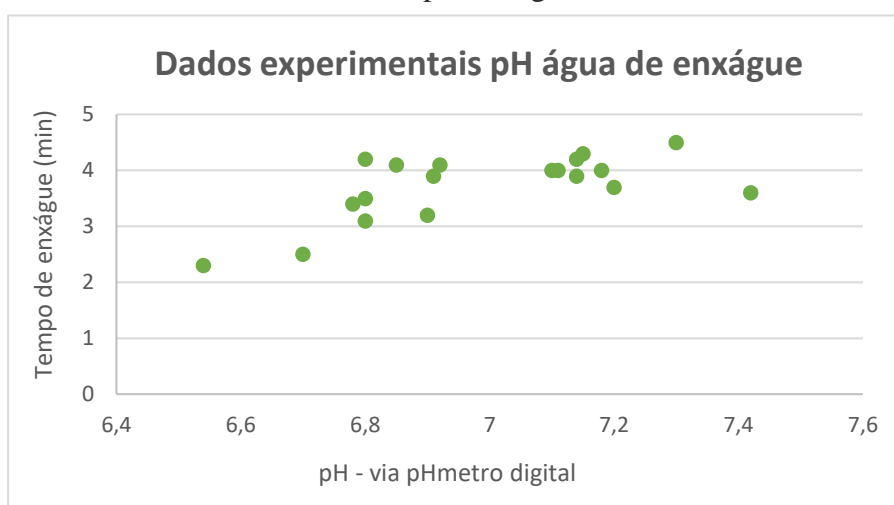
3.3 Primeiro M – Método

Nessa avaliação, foi possível identificar os parâmetros de Receita, que envolvem os 4Ts do CIP (concentração, temperatura, ação mecânica, tempo) nas máquinas de envase, equipamentos trocadores e pasteurizadores, e tanques de preparo de xarope. Nesse item avaliou-se se haviam parâmetros sub estimados ou superestimados que pudessem causar impactos em custos e eficiência do processo.

Os dados foram coletados do acompanhamento diário do CIP de todos esses equipamentos durante um período de monitoramento. A partir da receita apresentada na Tabela 1 – receita geral apresentada no panorama do caso estudado, é possível identificar que o tempo de circulação de água se encontra nos valores máximos quando comparado aos valores indicados pela literatura para os enxágue citado anteriormente no item 2.3.1 em Tabela 1.

No Gráfico 2, observou um acompanhamento do pH de enxágue secundário e final, parte dele realizados no mês de janeiro, e outra parte no mês de fevereiro do ano de 2022. Assim, a água coletada já se apresentava nos padrões de potabilidade para liberação de linha da unidade (na faixa de 6,5 – 7,5) com cerca de 5 minutos de enxágue avaliado. Não havendo, portanto, a necessidade de enxágues intermediários de tempo de 10 minutos de circulação.

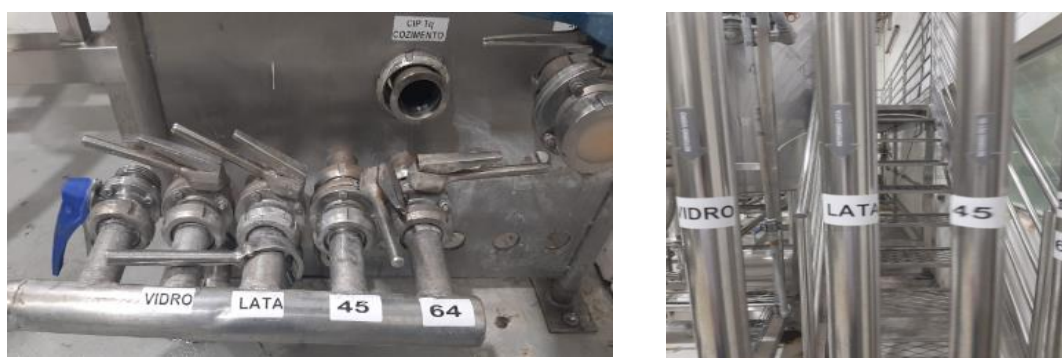
Gráfico 2 – Dados de pH enxágues intermediários



FONTE: Autor (2022)

Para validar de forma completa a relação de SINNER, entre tempo e vazão, para um tempo efetivo deve-se avaliar também a velocidade de escoamento. A tabela 3 abaixo demonstra os dados de vazão e velocidade de escoamento calculadas após coletar os dados de diâmetro das tubulações de circulação das soluções e estimando o valor de vazão. Nos momentos iniciais da pesquisa a planta não possuía um medidor de vazão na saída da central de CIP. Assim, os valores de vazão foram encontrados calculando-se o tempo decorrido até que o tanque cheio esvaziasse por completo, observado na Figura 11.

Figura 11 - Fotos demonstrando placa de Manifold de CIP com diâmetros e tubulações correspondentes



Fonte: Autor (2022)

Tabela 3 – Dados para parâmetro de vazão

Tubulação	Diâmetro (mm)	Tempo (min)	Vazão (m³/h)	Vazão (m³/s)	V (m/s)
Cozimento	0,0383	10	12	0,0033	2,895
Manifold xaroparia	0,048	10	12	0,0033	1,847
Pasteurizador	0,0383	10	6	0,0017	1,447
Linha 45	0,0383	10	12	0,0033	2,895
Linha 64	0,0383	10	12	0,0033	2,895
Linha de Vidro	0,0383	10	12	0,0033	2,895
Linha de Lata	0,0383	10	12	0,0033	2,895

Fonte: Autor (2022)

Para calcular a velocidade de escoamento foi utilizada a relação de vazão por área de escoamento da equação da Continuidade, Equação 1, abaixo.

$$\phi = \vec{v} \cdot \vec{A}$$

Equação 1

Considerando a vazão mínima para ação mecânica de limpeza eficiente descrita em 2.3.2 de 1,5 m.s⁻¹, foi possível identificar que a velocidade de escoamento das tubulações de cerca de 2,89 atende ao referencial teórico. Apenas a vazão no equipamento pasteurizador se encontra um pouco abaixo do limite, com cerca de 1,44 m.s⁻¹.

Ou seja, tendo-se que a velocidade atende a necessidade mínima, a partir da qual o tempo de escoamento já não influi de forma significativa para o enxágue, nota-se que há um superdimensionamento da duração dessa etapa.

Tomando-se também que o primeiro enxágue é geralmente descartado completamente, pelo tempo de duração, tem-se uma perda de 200L.min⁻¹. Cerca de 1000 L para cada 5 minutos a mais em cada pré-enxágue e enxágue intermediário a ser realizado.

Para avaliar a temperatura e a concentração, aplica-se a relação gráfica para eficiência de limpeza ao aumento da temperatura. Atualmente, as temperaturas de trabalho para as soluções são as observadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Temperatura das soluções por etapa e processo

Etapa de Limpeza	Temperatura °C (Produção de xarope composto, processo de carbonatação)	Temperatura °C (Cozimento de xarope e produção de bebida de fruta)
Enxágue com Água potável	Ambiente (25°C)	Ambiente (25°C)
Solução Alcalina	Ambiente (25°C)	Aquecida(84°C)
Solução Ácida	Ambiente (25°C)	Aquecida (60°C)
Sanitizante	Ambiente (25°C)	Ambiente (25°C)

FONTE: Autor (2022)

A partir da regra geral para temperatura descrita por LELIEVELD et al (2005), item 2.3.4 já descrito, na qual a limpeza deve ser realizada na mesma temperatura de processo, tem-se que as relações de temperatura estão corretas, já que a temperatura de processo nos tanques e linha de envase é considerada ambiente – por não ocorrer processo de aquecimento – e que apenas na

pasteurização de bebida de fruta e no cozimento de açúcar há etapas de aquecimento, estando, dessa forma, adequados a 84°C para solução alcalina e a 60°C para solução ácida.

Para avaliar o parâmetro concentração dos detergentes alcalino e ácido, foi preciso implantar um procedimento de análise da concentração por titulometria, visto que o laboratório da unidade não verificava as concentrações das soluções de limpeza para além de validação por pH da solução preparada. A solução sanitizante foi avaliada por dados de condutividade confrontados com a dosagem manual dos operadores.

Os valores obtidos experimentalmente no mês de abril do ano de 2022 forneceram dados de concentração média para essas dosagens. Pode-se verificar os valores obtidos na Tabela 5.

Tabela 5 - Dados de concentração média para as soluções de limpeza

Equipamento	Concentração		
	Solução Alcalina (%p/v)	Solução Ácida (%p/v)	Sanitizante (% v/v)
PET 64	1,0 a 1,5	0,5 a 1,0	0,2 a 0,4
PET 45	1,0 a 1,5	0,5 a 1,0	0,2 a 0,4
LATA	1,0 a 1,5	0,5 a 1,0	0,2 a 0,4
VIDRO	1,0 a 1,5	0,5 a 1,0	0,2 a 0,4
Xaroparia	1,0 a 1,5	0,5 a 1,0	0,2 a 0,4
Pasteurizador	1,0 a 1,5	0,5 a 1,0	0,2 a 0,4

Fonte: Autor (2022)

Tendo em vista que a literatura especializada para soluções de CIP com valores recomendados de concentração de soluções de hidróxido de sódio e de ácido nítrico é dada para espécies químicas puras, foi preciso converter os valores dos produtos usados na fábrica. Isso pois, os produtos são detergentes formulados.

Dessa forma, para que se comparar estes dados coletados com os valores teóricos, assim, a porcentagem de NaOH (%p/p) e HNO₃ (%p/p), foram convertidas para concentrações de detergentes alcalino (% p/v) e ácido (%p/v) respectivamente. Para o produto sanitizante, foi considerado o valor para produtos sanitizantes de forma generalista e feito a mesma conversão em porcentagem. A conversão foi calculada a partir de JUNIOR, Wagner (2018, p. 27).

O detergente alcalino utilizado possui especificação de, no mínimo, 39% de e máximo de 52% de NaOH. Logo, convertendo os valores teóricos encontrados na literatura de 0,5 a 2,0 (% NaOH p/p), tem-se que os valores mínimo e máximo de concentração de detergente alcalino são respectivamente 1,28% (p/v) e 5,13% (p/v). Já para o detergente ácido utilizado, ele possui teor mínimo de 50,0 % e máximo de 55% de HNO₃.

Então, convertendo os valores teóricos de 0,5 a 1,5 (%HNO₃ em p/p), obtém-se um range de 1,0 % (p/v) e 2,73% (p/v). Por fim, para o produto sanitizante, de 0,2 a 2,5%, têm-se que as concentrações indicadas de uso são 0,014% e 1,18%. As conversões realizadas podem ser vistas na tabela 6 esquematizada logo abaixo.

Tabela 6 - Conversão de soluções detergente formulada

	% ppm Solução Detergente	Range - Literatura	p/v - min	p/v - máx
NaOH	39 – 52%	0,5 – 2,0%	1,28%	5,13%
HNO₃	50 – 55%	0,5 – 1,5%	1,00%	2,73%
Ac. Peracético	14 – 17%	0,2 – 2,5%	0,014%	1,18%
Perox.	18- 26%			
Hidrogênio				

FONTE: Adaptado de JUNIOR, Wagner (2018, p. 27)

3.4 Segundo M – Medida

Todas as soluções são recuperadas em uma porcentagem, a solução de detergente alcalino é recuperada em cerca de 80% do seu volume inicial. Já a solução de detergente ácido em cerca de 60%. Para o produto sanitizante a perda é maior, e a recuperação é de cerca de 40 a 50%. No entanto, ao longo do trabalho, apesar de a literatura afirmar a possibilidade de reaproveitamento de todas as soluções de limpeza, a literatura informa que é pouco frequente o reaproveitamento de solução sanitizante pelas indústrias de alimento, tanto por se tratar de um produto volátil tanto por ser descartado para não possibilidade de contaminação.

As soluções são reutilizadas em enchedoras, tanques, e pasteurizadores. As soluções de limpeza de tanques na xaroparia são as únicas que não retornam para serem reutilizadas. Compreendendo que o reuso do sanitizante é uma vantagem competitiva para a unidade, o seu uso deve ser mantido, no entanto, foram realizadas análises microbiológicas dessa solução para garantir a sua esterilidade, e também foi criado um procedimento de monitoramento microbiológico das soluções de limpeza, monitoramentos que não ocorriam na unidade até então.

3.5 Terceiro M – Máquina

Para avaliar a perda de insumos e água relacionadas aos equipamentos, foram verificados pontos de vazamento, desperdício ou ineficiência. O monitoramento ocorreu ao longo do período de 6 meses de observação do período do mês de dezembro do ano de 2021 até o mês de maio do ano de 2022. Partindo da central CIP, local onde estão instalados os tanques de produtos e onde são feitas as dosagens foi possível verificar dois tipos de vazamento no tanque de produto sanitizante.

O primeiro refere-se ao processo de enchimento que ocorre com acionamento e interrupção manual da bomba transferidora. Com isso, por ausência do operador no instante em que se termina de encher o tanque, ocorrem vazamentos por um período de tempo de 3 a 4 minutos até que o operador retorne para interromper o processo.

O outro ponto de vazamento ocorre por um furo na chapa na parte superior por onde entra o cano de abastecimento de água no tanque.

O único produto dosado de forma automática é o detergente alcalino a base de hidróxido de sódio. Para verificar se a concentração no tanque correspondia a programada na bomba dosadora foi implantado um procedimento de titulometria com ácido clorídrico na concentração de 0,5 N (N refere-se a normalidade da solução, uma relação entre o equivalente-grama do soluto e o volume da solução preparada). Visto que o laboratório da unidade não possuía procedimentos para verificar a concentração nas soluções. O único método de validação ocorria via checagem do pH da solução final entre 11,5 e 13,5. Foi verificado que a dosadora estava calibrada e fornecendo leituras de corretas de concentração para o controlador e o temporizador da bomba dosadora.

3.6 Quarto M – Meio Ambiente

Há um problema frequente de falta de água na unidade, o que se reflete também no sistema de limpeza CIP, considerando que com menor água disponível pode ocorrer perda na limpeza e sanitização por atrapalhar o trabalho de bombeamento, assim é necessário que o problema seja verificado pela equipe de utilidades da fábrica.

3.7 Quinto M – Mão de Obra

Para que o processo CIP seja de fato eficiente, mesmo com inúmeros recursos, a atenção ao processo operacional executado por todos os envolvidos deve ser um processo de bastante sincronia e qualidade. Foi observado comportamentos indesejados na qualidade do processo em dois setores. No preparo da solução, foi constatado que por se tratar de dosagem manual para não precisar ir e voltar, certas vezes o operador dosava menor quantidade, e em um recipiente sem identificação de volume para o produto sanitizante.

A validação feita pelos operadores através do pH da solução final não permite que se constate com propriedade a superdosagem de produtos como detergente ácido e sanitizante. Foram feitas análises da concentração após a dosagem desses produtos, no entanto, como o tanque não possuía agitador e a solução não era homogeneizada, as leituras não refletiam de forma real o processo.

No entanto, em relação ao processo de dosagem da solução de retorno, como não há processo de verificação da concentração os operadores completam o volume do tanque e inserem o volume de uma dosagem completa, o que levantou a suspeita de uma superdosagem do produto. Essa falha, porém, é tanto operacional, quanto de medida, visto que do ponto de vista operacional, ele executa a atividade como descreve o seu procedimento de trabalho, no entanto, o procedimento reflete uma tentativa de remediar uma falha de projeto, pois para sistemas CIP de reuso, o indicado é que haja a presença de sensor leitor de concentração para orientar a dosagem da solução.

Já em relação ao processo de retorno dos produtos a partir do envase, foi notado que os operadores de envase ao posicionar a máquina para processo CIP não executavam o processo de retorno ou o faziam em parte. Tal ação é o que impede o retorno completo das soluções após o

tempo de circulação. O produto com menor índice de retorno é o produto sanitizante, com perda de até 50% da solução utilizada.

Dessa forma, é importante que haja um treinamento para operadores de xaroparia sobre a utilização de baldes graduados, até que o sistema possua dosagem automática e também treinamentos sobre a importância dos operadores de envase posicionarem a máquina para retorno de solução de limpeza pelo tempo adequado, visto que sua ação gera economias de água e produto detergente para o processo.

3.8 Sexto M – Material

Para avaliar os produtos do fornecedor do qual os produtos de CIP são adquiridos, foi utilizado equipamento de medição de concentração por refração óptica pelo método de Antoon Paar. Os dados obtidos de concentração estavam dentro das especificidades mínimas do fabricante para o produto detergente alcalino, detergente ácido e produto sanitizante.

3.9 Proposta de Melhoria para o problema estudado

A partir das análises e verificações da receita atual e das deficiências de controle de processo no projeto em funcionamento, foi proposta uma nova receita CIP - generalista - para ser autorizada pela gerência e diretoria, respectivos responsáveis pela autorização de qualquer alteração do sistema CIP da unidade. A receita pode ser verificada na Tabela 7 abaixo.

Tabela 7 – Sugestão de Receita para Limpeza de 7 etapas para Refrigerantes

Etapas de Limpeza	Concentração (%)	Temperatura (°C)	Duração (Min)	Reuso/Descarte
Primeiro enxágue	-	Ambiente (25°)	5 min	Descarte
Solução Alcalina	1,0 %	Ambiente (25°) Aquecida Apenas para Bebida de fruta (75°)	10 min	Reuso
Primeiro Enxágue Intermediário	-	Ambiente (25°)	5min	Reuso
Solução Ácida	1,0 %	Ambiente (25°)	10 min	Reuso

Segundo Enxágue Intermediário	-	Ambiente (25°)	5min	Reuso
Sanitização	-	Ambiente (25°)	20 min	Reuso
Enxágue Final	-	Ambiente (25°)	5 min	Reuso

FONTE: Autor (2022)

As concentrações de receita foram mantidas, por já se encontrarem no mínimo, no entanto, como foi verificado no trabalho, há falhas de dosagem por dificuldades operacionais e ausência de instrumentos, deve-se adequar estas pendências e reavaliar o parâmetro de concentração.

4 CONCLUSÃO

A partir do trabalho proposto foi possível verificar os parâmetros de tempo, vazão, concentração e temperatura do sistema de limpeza local CIP da fábrica de refrigerantes em questão. Foi possível aplicar a ferramenta de análise de causa raiz e através dela diagnosticar algumas falhas do processo.

Ao comparar os dados obtidos com o referencial teórico, parte dos valores estão condizentes com a literatura especializada, mas não em sua totalidade. A vazão e o tempo de circulação das soluções de limpeza estão conformes, com os valores de vazão acima do valor mínimo, $1,5 \text{ m.s}^{-1}$, e 10 minutos para circulação de solução detergente.

No entanto, para o parâmetro tempo de enxágue, há um período de tempo desnecessário, que causam menor tempo disponível para a produção e maior consumo de água – cerca de 2500L de água por dia calculados a partir do número de enxágues feito em um dia comum de produção da fábrica. Total de perda de 52500L de água consumida por mês de produção.

Em relação a concentração dos produtos, a fábrica possui sistemas de reuso com recirculação de soluções detergentes e água, mas não possuía procedimentos de verificação de concentração e monitoramento microbiológico delas. Foram realizadas análises microbiológicas e requisitado a supervisão aprovação de procedimento para um monitoramento contínuo. A ausência de instrumentos de medida como condutivímetro para a solução ácida, é uma falha de projeto para sistemas de reuso, visto que para que o reuso tenha sua utilidade plena, o instrumento de leitura da solução de retorno deve estar instalado, e assim dosar apenas a quantidade necessária para atingir a concentração estabelecida na receita de CIP.

Para o parâmetro temperatura, as temperaturas de limpeza estão de acordo com a temperatura de processo, e dessa forma seguem a regra geral, e as concentrações de receita encontram-se nos valores mínimos recomendados pela literatura descrita no trabalho.

5 REFERÊNCIAS

ASSELT V.A. J., VISSERS, MMM, SMIT, F., DE JONG, P. **In line control of fouling . Proceedings of heat exchanger fouling and cleaning - chalenges and opportunities**. Kloster irsee, germany; june 5 – 10: new york usa .; engineering confereces international, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE REFRIGERANTES. Disponível em: .<
<https://abir.org.br/>> Acesso em: 20 abr. 2022.

BRASIL. Portaria MAPA n. 123, de 13 de Maio de 2021. Estabelece os padrões de identidade e qualidade para bebida composta, chá, refresco, refrigerante, soda e, quando couber, os respectivos preparados sólidos e líquidos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 13 de Maio de 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília : Funasa, 2014. 112 p. 1. Controle da qualidade da água.

BERNARDINO, I. A.; **Produção de refrigerante a partir de acerola** (Malpighia glabra L.). 2002. ix, 104 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, 2002. Disponível: <<http://hdl.handle.net/11449/90553>>.

BREMER, P.J.; FILLERY, S. ; MCQUILLAN, A.J. **Laboratory scale clean-in-place (CIP) studies on the effectiveness of different caustic and acid wash steps on the removal of dairy biofilms**. International Journal of Food Microbiology, v.106, pp. 254-262. 2006.

CELESTINO, M. **Produção de refrigerantes de frutas**. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, 2010.

CLARK, P. **Case Studies in Food Engineering: Learning from Experience**. New York: Springer, 2009.

TAMIME, A. **Cleaning-in-Place: Dairy, Food and Beverage Operations**. 3.rd. Oxford: Blackell Publishing, 2008.

GUBOLINO, S. I. F.; **Qualidade físico-química e microbiológica de refrigerantes sabor guaraná em embalagens PET-2000mL e ocorrência de leveduras**. 2007. 71 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, 2007. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/88441>>

JUNIOR, W. V.; **Projeto de redução no consumo de produtos químicos utilizados em indústrias de bebidas e alimentos**. Luiz Gustavo Martins Vieira. 2018. 52 f. TCC (Graduação) curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. Disponível em

<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/24140/3/ProjetoReducaoConsumo.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2021.

LELIEVELD, H. L. M.; HOLAH, J. T.; NAPPER, D. **Hygiene in food processing: Principles and practice**. 2^a. ed. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2014. Cap. 10.

LELIEVELD, H.; MOSTERT, T.; HOLAH, J. **Handbook of hygiene control in the food industry**. Cambridge: CRC, 2005

MACHADO, R. DUTRA, A. VIANELLO, M. **Boas Práticas de Fabricação (BPF) Embrapa Agroindústria de Alimentos**. Rio de Janeiro, RJ. 2015.

MOERMAN, F., RIZOULIÈRES, P., MAJOOR, F. A. **Cleaning in place (CIP) in food processing. Hygiene in Food Processing**, 2014.

WILSON, D., et al. **Cleaning of soft-solid soil layers on vertical and horizontal surfaces by stationary coherent impinging liquid jets**. Journal of Chemical Engineering science, v. 109, p. 183-186, 2014.

RODRIGUES, M. V. **Ações para Qualidade, Gestão Integrada para Qualidade**. Rio de Janeiro. Ed. Qualitymark. 2006.

TUBINO, D. F.; **Manual de planejamento e controle da produção**. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2000. 217p

SANT'ANA, A. S. et al. **A garantia da qualidade microbiológica na indústria de bebidas não - alcoólicas**. Vassouras: Centro de Tecnologia de Alimentos e Bebidas, 2003. 79 p.

LELIEVELD, H.; MOSTERT, T.; HOLAH, J. **Handbook of hygiene control in the food industry**. Cambridge: CRC, 2005

MOERMAN, F.; RIZOULIÈRES, P.; MAJOOR, F. A. **Cleaning in place (CIP) in food processing**. In: LELIEVELD, H. L. M.; HOLAH, J. T.; NAPPER, D. **Hygiene in food processing: Principles and practice**. 2^a. ed. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2014. Cap. 10.

MOERMAN, F., RIZOULIÈRES, P., MAJOOR, F. A. **Cleaning in place (CIP) in food processing. Hygiene in Food Processing**, 2014.

TETRA PAK, **Dairy processing handbook**. tetra Pak Processing Systems. AB S-221 86 Lund, Sweden, 1995.

TIMPERLEY, D. A.; SMEULDERS, C. N. M. **Cleaning of dairy HTST plate heat exchangers: optimization of the single-stage procedure**. J Soc Dairy Technol 41(1) 4 - 7, 1988.

SINNER, H. **Über das Waschen mit Haushaltwaschmaschinen. In welchem Umfange erleichtern Haushaltwaschmaschinen und geräte das Waschehaben im Haushalt**, Hamburg, 1960

RESNICK, R. , HALLIDAY, D. , WLAKER, J. **Fundamentos de Física**. Vol. 2. 8ª Ed. Rio de Janeiro. LTC. 2009

TOCCHINI, R. P.; NISIDA, A. L. A. C. **Industrialização de refrigerantes**. Campinas: ITAL, 1995. 50 p.

OLIVEIRA, E. A. **Controle de qualidade em refrigerante** . Waldir Medri. 2007.44 f. Pós-graduação. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007. Disponível em: http://www.uel.br/pos/engproducao/arquivos/Eduardo_Oliveira.pdf. Acesso em: 14 jan. 2022.

Directindustry, 2022. Disponível em : <https://www.directindustry.com/pt/prod/krohne-messtechnik/product-5863-1297949.html>