

**JULIO FERREIRA PEROBELLI**

**ANÁLISE DOS IMPACTOS FINANCEIROS DA MELHORIA DO PROCESSO  
DE HIGIENIZAÇÃO INDUSTRIAL**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para obtenção do grau de **Bacharel em Engenharia de Produção.**

Orientador: Dr. Eng. Cristiano Roos

Santa Maria, RS  
2019

# ANÁLISE DOS IMPACTOS FINANCEIROS DA MELHORIA DO PROCESSO DE HIGIENIZAÇÃO INDUSTRIAL

## FINANCIAL IMPACT ANALYSIS OF THE INDUSTRIAL HYGIENE PROCESS IMPROVEMENT

**Julio Ferreira Perobelli<sup>1</sup>, Cristiano Roos<sup>2</sup>**

### RESUMO

Os cenários ambientais e econômicos no mundo obrigam a busca contínua das organizações pela otimização de processos. Nas indústrias de alimentos e bebidas, qualquer ganho obtido em produtividade significa grandes volumes de produção acrescidos. Nos processos de higienização industrial que são denominados *clean-in-place* (CIP), há muitas vezes o uso de recursos além do necessário, gerando desperdícios. Com isso, este trabalho tem com o objetivo analisar os impactos financeiros da redução do tempo de duração na etapa de enxágue intermediário no processo de higienização industrial CIP em uma indústria de bebidas. Foram realizados acompanhamentos da etapa do processo CIP em seis tanques de armazenamento de bebidas, analisando o comportamento do pH e da condutividade elétrica ao decorrer do tempo de duração. Juntando os dados coletados na pesquisa de campo, além das informações cedidas pela indústria, propôs-se um cenário futuro. Os resultados apontaram redução de consumo de água, aumento da disponibilidade de tempo para produção, indicando um significativo impacto financeiro positivo. Conclui-se com o presente estudo a viabilidade técnica de aplicar as melhorias propostas, apresentando resultados positivos do ponto de vista financeiro e ambiental para a indústria estudada.

**Descritores:** *Clean-in-place*; Água; Setup; Melhoria.

### ABSTRACT

The current environmental and economic scenarios around the world oblige the continuous search of process optimization in organizations. In the food and beverage industries, any gain in productivity means increased production volumes. In the industrial cleaning processes clean-in-place (CIP), there often resources use beyond what is necessary, generating waste. Therefore, this study aims to analyze the economic impacts of reducing the duration the intermediate rinse stage of a beverage industry's CIP process. Follow-ups of the CIP process step were carried out in six beverage storage tanks, analyzing the pH behavior and electrical conductivity over duration time. Combining the data collected in the field research, as well as the information provided by the industry, a future scenario was proposed. The results showed reduced water consumption, more time for production, and a positive significant financial impact. This study concludes the technical feasibility of applying the proposed improvements, presenting financial and environmental positive results for the studied industry.

**Keywords:** Clean-in-place; Water; Setup; Improvement.

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia de Produção, autor; Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Centro de Tecnologia – UFSM.

<sup>2</sup> Engenheiro de Produção, orientador; Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina; Professor do Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas – UFSM.

## 1 INTRODUÇÃO

A Engenharia de Produção tem como pilares a busca pela otimização de processos, redução dos custos e aumento de produtividade (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2018), fatores que são constantemente buscados pelas organizações. A globalização do mercado, os avanços tecnológicos e a maior exigência do consumidor, em relação a preço e prazo, forçam as organizações a utilizarem os seus recursos da forma mais proveitosa possível e, assim, melhorar sua eficiência produtiva para se posicionar de forma competitiva no mercado (FLORINO; MELLO; CARAZZAI, 2014).

Recentemente, observa-se que a preocupação com a eficiência no uso da água também vem ocupando lugar de destaque nas estratégias competitivas das indústrias nacionais, especialmente daquelas que utilizam este recurso mais intensivamente. Devido as modificações do cenário econômico mundial, Sabença (2011) enfatiza a necessidade da diminuição dos consumos de recursos e a busca por uma melhor visibilidade no mercado e na sociedade por parte das organizações, melhorando o desempenho de seus processos, tanto em nível ambiental quanto econômico.

Neste contexto, o consumo de água potável no setor industrial representa mais de 10% do total consumido no Brasil (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2018), perdendo apenas para o setor agrícola. Estudos apontam para o crescimento da demanda por água no setor em 400% até 2050 (BRASIL, 2017), fazendo com que a disponibilidade de água no setor dependa cada vez mais de seu gerenciamento e uso sustentável.

A quantidade de água consumida nos processos de higienização, especialmente nos processos denominados *clean-in-place* (CIP), também vem aumentando com o decorrer dos anos. Por se tratar de um tema definido pelos órgãos de vigilância sanitária, não são poupados esforços para assegurar que a qualidade do processo de limpeza dos equipamentos seja adequada (JUNIOR et al., 2015). Junior (2011) cita o fato que por se tratar de processos que requerem a parada de produção, as etapas são realizadas de forma negligenciada por algumas indústrias, implicando na utilização de maior quantidade de insumos do que aqueles que seriam necessários (FIUZA et al., 2011).

### 1.1 DEFINIÇÃO DO TEMA E DO PROBLEMA

Considerando estes aspectos, este trabalho tem como temática a análise dos impactos financeiros da otimização do processo de higienização industrial em uma indústria de bebidas

do sul do Brasil. Mais especificamente, na redução do tempo de duração da etapa de enxágue com água tratada após a aplicação de detergente alcalino no processo de higienização industrial CIP. A oportunidade de pesquisa sustenta-se pela importância do uso consciente da água e pela busca constante de otimização dos processos, redução de custos e, por consequência, aumento da produtividade por parte das organizações. Deste modo, o problema levantado pela pesquisa é: há viabilidade técnica e financeira em melhorar o processo de higienização (CIP) dos tanques de armazenamento em uma indústria de bebidas?

## 1.2 JUSTIFICATIVAS

A relevância desta pesquisa é evidenciada pela combinação entre a busca contínua das organizações em diminuir os seus custos e a necessidade de usar a água de forma mais consciente. Nesse contexto, Braga, Santos e Oliveira (2008) citam que melhorar o desempenho de uma indústria é o desafio dos gerentes de produção que necessitam de informações para analisar e ter condições de propor mudanças, alterar processos, visando obter ganhos de produtividade, reduzindo custos e atingindo a qualidade esperada pelos seus clientes.

Segundo Mirre et al. (2012), para reduzir o consumo dos recursos hídricos dentro de uma instalação industrial é fundamental a implementação de medidas para a otimização desse consumo. Lyndgaard et al. (2014) complementa escrevendo que a redução da quantidade de água em processos de higienização industrial proporciona economia pela minimização do custo da própria água, da energia utilizada para seu aquecimento e transporte, bem como, de reagentes químicos para preparo das soluções, fazendo com que a otimização dos processos de higienização, especificamente CIP, seja uma meta que realmente valha a pena ser buscada pelas indústrias (FAN; PHINNEY; HELDMAN, 2018). Bartz, Siluk e Garcia (2012) enfatizam que qualquer ganho obtido em produtividade nas indústrias de alimentos e de bebidas significa grandes volumes de produção acrescidos. Desta forma, a principal justificativa para a pesquisa é a oportunidade de apresentar resultados relevantes do ponto de vista financeiro para a indústria estudada.

## 1.3 OBJETIVOS

Por conseguinte, o objetivo geral deste trabalho é analisar os impactos técnicos e financeiros da redução do tempo de duração na etapa de enxágue intermediário no processo de higienização industrial CIP em uma indústria de bebidas do sul do Brasil. Para atingir o objetivo

geral, necessita-se atender os seguintes objetivos específicos: 1. Coletar dados técnicos e financeiros sobre CIP no processo de higienização industrial na empresa foco desde estudo; 2. Analisar os dados coletados propondo melhorias tecnicamente viáveis; 3. Quantificar os impactos financeiros das melhorias propostas.

#### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho foi dividido em cinco etapas principais. A primeira delas é a introdução, na qual se definiu o tema, o problema de pesquisa, a relevância do desenvolvimento da pesquisa, além dos objetivos geral e específicos. Posteriormente buscou-se estabelecer o referencial teórico, na qual se procurou definir conceitos importantes para o entendimento do estudo, além de encontrar na literatura estudos semelhantes para o desenvolvimento e o entendimento do problema que originou este trabalho. A revisão bibliográfica também foi fundamental para a estruturação dos procedimentos metodológicos. Assim, na terceira etapa abordaram-se os procedimentos metodológicos que definiram qual o cenário, as classificações e as etapas de pesquisa. Depois, a quarta seção traz os resultados, as análises dos resultados e a proposta de um cenário futuro de melhoria. Por fim, tem-se a seção com as conclusões do trabalho.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção aborda as definições de *setup*, higienização industrial, sistemas CIP e parâmetros de análise da água. Além disso, é realizado um levantamento de estudos que abordaram problemas de pesquisa similares ao deste trabalho.

### 2.1 *SETUP* INDUSTRIAL

O termo *setup* pode ser definido como o conjunto de tarefas necessárias desde o momento em que se tenha completado a produção da última peça do lote anterior até o momento em que, dentro de um padrão normal de produtividade, tenha-se produzido a primeira peça do lote posterior (NEUMANN; RIBEIRO, 2004; FUCHIGAMI; MOCCELLIN, 2013). Durante as operações de *setup*, segundo Lopes et. al. (2006), o processo não agrega valor e, conseqüentemente, aumenta-se o custo e o tempo de produção, tornando-se um desperdício que deve ser reduzido. Leite (2006) cita que os *setups* são etapas inevitáveis ao processo produtivo,

tornando necessária à sua otimização, visando obter um melhor resultado em termos de custo, eficiência e produtividade.

O processo de higienização industrial faz parte do *setup* industrial sendo um conjunto de atividades que tem como objetivo principal eliminar toda e qualquer sujidade que pode ter se formado ou acumulado nas superfícies dos equipamentos e tubulações (ANDRADE; MACEDO, 1996). Desta forma, conceitua-se higienização como o processo de remoção de sujidades mediante aplicação de energias químicas, mecânicas ou térmicas, em um determinado período de tempo (SILVA JUNIOR, 1999).

O processo de higienização na indústria de alimentos e bebidas é realizado em duas etapas distintas (SCHMIDT, 1997), sendo elas: Limpeza: remoção total dos resíduos sólidos presentes nas superfícies através da utilização de detergentes químicos; Sanitização: redução da população microbiana até níveis considerados seguros para a saúde pública.

Os parâmetros operacionais que garantem a eficiência em um processo de higienização são, basicamente: o tempo, a temperatura, a concentração dos agentes de limpeza e o tipo de escoamento (TURNER, 1982; REINEMANN; RABOTSKI, 1993; PRATI; HENRIQUE; PARISI, 2015).

Segundo Dillon e Griffith (1999), existem variados métodos de higienização industrial no setor de alimentos e de bebidas, sendo necessário avaliar a necessidade de cada planta, levando em consideração custos, estruturas físicas e eficiências para a seleção dos métodos mais adequados.

### **2.1.1 *Clean-in-Place* (CIP)**

O processo de higienização CIP é definido por ser um sistema automatizado de higienização industrial que evita a necessidade de desmontagem dos equipamentos (RYTHER, 2014). Para Alvarez, Daufin e Gésan-guiziu (2010), são sistemas frequentemente utilizados nas indústrias de alimentos e de bebidas para garantir a segurança higiênica dos produtos e para melhorar a produtividade da planta.

Segundo Memise et. al (2015), um sistema CIP convencional é composto por quatro reservatórios de soluções, sendo eles de, respectivamente, água tratada, solução ácida, detergente alcalino e água recuperada, além de, uma bomba hidráulica de abastecimento, um trocador de calor e um circuito de retorno, conforme Figura 1. As etapas envolvidas no processo estão descritas no Quadro 1.

Um sistema CIP também é constituído por Controladores Lógicos Programáveis (CLP) que controlam a abertura e o fechamento de válvulas, o arranque e a parada de bombas (reduzindo os custos de consumo de energia elétrica) e o controle automático dos parâmetros críticos, como a condutividade elétrica, o pH, a temperatura, a pressão, o tempo e a vazão, garantindo uma boa limpeza e a recuperação de soluções (SANTOS, 2014).

Quadro 1 – Etapas convencionais de CIP.

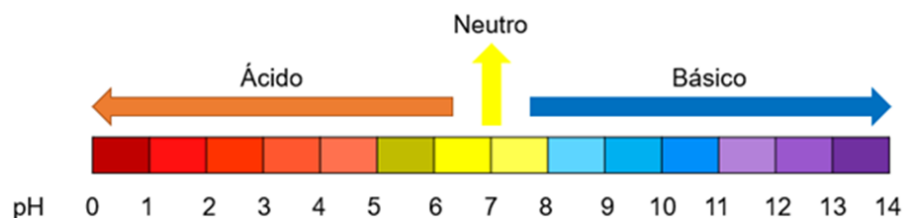
<b>Etapa</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Duração</b>
Pré-enxágue	Redução do material sólido e/ou líquido residual no equipamento.	10 min
Limpeza	Enxágue quente utilizando detergente alcalino, com objetivo de dissolver e remover sujidades e matar microrganismos.	15 a 20 min
Enxágue intermediário	Enxágue utilizando água tratada para a remoção de resíduos suspensos pela ação do detergente.	Até a neutralização do pH da água efluente.
Sanitização	Enxágue utilizando solução ácida com objetivo de remover os microrganismos restantes até níveis considerados seguros.	10 a 15 min
Enxágue final	Enxágue para remoção de vestígios de produtos químicos no equipamento.	5 a 10 min

Fonte: Adaptado de Goode et. al (2010); Junior (2011) e O'Rourke (2003).

### 2.1.2 Parâmetros de controle de soluções em CIP

De acordo com Russell (1994), o pH corresponde à concentração hidrogeniônica em uma solução, sendo um indicador de acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma substância qualquer. A escala de medição do pH varia de 0 a 14, conforme a Figura 1.

Figura 1 – Escala de pH



Fonte: Adaptado de Brown, Lemay e Bursten (2005).

O pH da água potável deve estar entre 6,5 e 9 nas redes de distribuição no Brasil (BRASIL, 2011). Já nos processos CIP, na etapa de enxágue de detergente alcalino, pode-se considerar um pH neutro quando o valor medido for menor ou igual a 7,5 (O'ROURKE, 2003).

Outro parâmetro de controle de soluções muito utilizado nos sistemas CIP é a condutividade elétrica, que tem como definição a capacidade que um material ou substância possui em conduzir corrente elétrica (MOLIN; LADISLAU; RABELLO, 2011). Tendo como unidade de medida S (*Siemens*), trata-se de uma maneira indireta e simples de inferir a presença de íons provenientes de sais inorgânicos dissolvidas na água, fazendo com que a presença dessas substâncias aumente o valor da condutividade elétrica da solução em análise (KEMKER, 2014). Segundo Brasil (2014), a condutividade elétrica da água potável apresenta valores entre 10 a 100 mS/cm.

## 2.2 ESTUDOS APLICADOS EM CIP

Nesta subseção realizou-se uma busca na literatura para identificar aplicações de estudos referentes à otimização de processos de higienização industrial através da redução do consumo de água. Essa revisão procurou trabalhos abordando problemas de pesquisa similares ao deste estudo a fim de esclarecer conceitos e a maneira pela qual outros autores conduziram suas pesquisas. Assim, os trabalhos encontrados podem auxiliar nas decisões a serem tomadas na presente pesquisa, em específico, nas etapas de pesquisa.

No estudo publicado por Pettigrew et al. (2015), buscou-se a otimização do uso da água em processo CIP na indústria cervejeira. Para isso, os autores utilizaram o método *reference nets*, que se trata de um método de modelagem e simulação, permitindo utilizar variados parâmetros para prever o consumo de água e o gasto de energia. Os resultados mostraram que testes e otimizações destes processos industriais podem ser alcançados de maneira rápida e econômica usando modelagem e simulação por computador.

Já na análise publicada por Fan, Phinney e Heldman (2015), os autores concluíram que a eficiência do consumo de água e energia em processos CIP pode ser melhorada significativamente pela seleção de combinações apropriadas dos parâmetros operacionais tempo e tipo de escoamento.

Destaca-se o estudo publicado por Junior (2011) por se assemelhar com os objetivos deste trabalho. O autor buscou otimizar a etapa de enxágue intermediário de CIP, identificando o comportamento do pH da água através da variação dos parâmetros vazão e temperatura. Os resultados mostraram que a temperatura não é um parâmetro relevante para o decréscimo do pH durante o enxágue, não contribuindo para a diminuição do tempo da etapa. Já a variação da vazão mostrou-se mais eficiente para atingir o objetivo do trabalho. Porém, a partir de



determinado valor, aumentar a vazão da água pode significar um desperdício de água e energia. Através dos resultados obtidos pelos experimentos, o autor atingiu a meta proposta de contribuir com a economia de água e energia de um processo CIP.

Já Junior (2018) buscou a otimização do sistema CIP de uma indústria de sucos utilizando as ferramentas de gestão da qualidade Diagrama de Ishikawa e método dos 6M's para a identificação de pontos operacionais de possíveis melhorias. Como resultado, alcançou uma economia de 20 mil reais por mês apenas alterando a concentração do detergente utilizado no sistema CIP.

Fiuzza et. al (2011) realizaram um estudo experimental da etapa de enxágue de um sistema de limpeza CIP com o objetivo de verificar o comportamento do pH em resposta a variações de temperatura e vazão. Através de modelos matemáticos gerados com auxílio da plataforma Matlab®, puderam verificar que existe um valor de vazão mais adequado para a operação do sistema de limpeza CIP, podendo gerar na prática uma redução considerável no consumo de água.

Santos (2014) desenvolveu um estudo com objetivo de otimizar os sistemas CIP em uma indústria leiteira através do levantamento dos parâmetros de temperatura, concentração e duração de cada etapa do processo. Através desses levantamentos, o autor elaborou uma lista de ações a serem realizadas pela indústria para buscar um melhor rendimento no processo.

Neste referencial teórico encontrou-se outros trabalhos com o tema de otimização de sistemas CIP, mas que tinham objetivos diferentes do proposto neste estudo, como publicado por Simeone et. al (2017), Hagsten et al. (2019) e Escrig et. al (2019). Estes tem enfoque maior em resolver problemas relacionados à microbiologia.

Finalizando, destaca-se a dificuldade em encontrar estudos com objetivos semelhantes ao deste trabalho. Contudo, as informações identificadas na análise dos estudos aplicados em CIP foram consideradas para definir os procedimentos metodológicos deste trabalho.

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Nesta seção será apresentada a classificação da pesquisa em relação a sua natureza, objetivo, abordagem e procedimentos técnicos. Além disso, serão descritos seu cenário de aplicação e suas etapas de desenvolvimento.

### 3.1 CENÁRIO

O presente trabalho foi desenvolvido em uma empresa com atuação no segmento de bebidas por meio da produção, comercialização e distribuição dos produtos. Tem sua fábrica instalada na região central do Rio Grande do Sul e mais cinco centros de distribuições no estado, contando com mais de 150 colaboradores e 25 mil metros quadrados de área construída. A unidade fabril possui quatro linhas de produção, uma de envase de embalagens de lata, duas de envase de embalagens PET e uma de envase de embalagens de vidro. A capacidade de produção anual é de 400 milhões de litros de refrigerantes.

A higienização dos tanques de armazenamento e das linhas de produção é realizada adotando o processo automatizado CIP, com duração média de 1 hora por objeto. O processo ocorre antes e depois da utilização dos objetos e a sua frequência dependente das estratégias adotadas pelo setor de Planejamento e Controle de Produção. As etapas do processo CIP foram definidas através de um estudo de validação do sistema instalado na indústria estudada. As etapas são iguais para todos os objetos, conforme o Quadro 2.

Quadro 2 – Duração de cada etapa do CIP na indústria analisada

<b>Etapa</b>	<b>Duração (em minutos)</b>
Pré-enxágue	5
Limpeza	15
Enxágue intermediário	10
Sanitização	15
Enxágue final	10

Fonte: Autor (2019).

A indústria conta com 12 tanques de armazenamento de bebidas, com volume de 6.000 litros cada. O sistema CIP adotado é o convencional, explicado por Memise et. al (2015) no referencial teórico deste trabalho, e conta com 2 circuitos de envio de solução, sendo possível a higienização simultânea de 2 objetos.

### 3.2 MÉTODO DE PESQUISA

Matias-Pereira (2016) define método científico como sendo o conjunto de procedimentos e técnicas utilizados de forma regular, passível de ser repetido, para alcançar um objetivo material ou conceitual e compreender o processo de investigação. Além disso, segundo

Lakatos e Marconi (2010), a pesquisa pode ser definida como um procedimento rigoroso fundamentado em um método de raciocínio próprio, que ajudará a solucionar os problemas apresentados em um estudo por meio de uma intervenção científica.

Em virtude dos mais diversos propósitos e temas abordados em pesquisas, Gil (2010) classifica as pesquisas em relação à sua área de conhecimento, finalidade, objetivos, e métodos empregados.

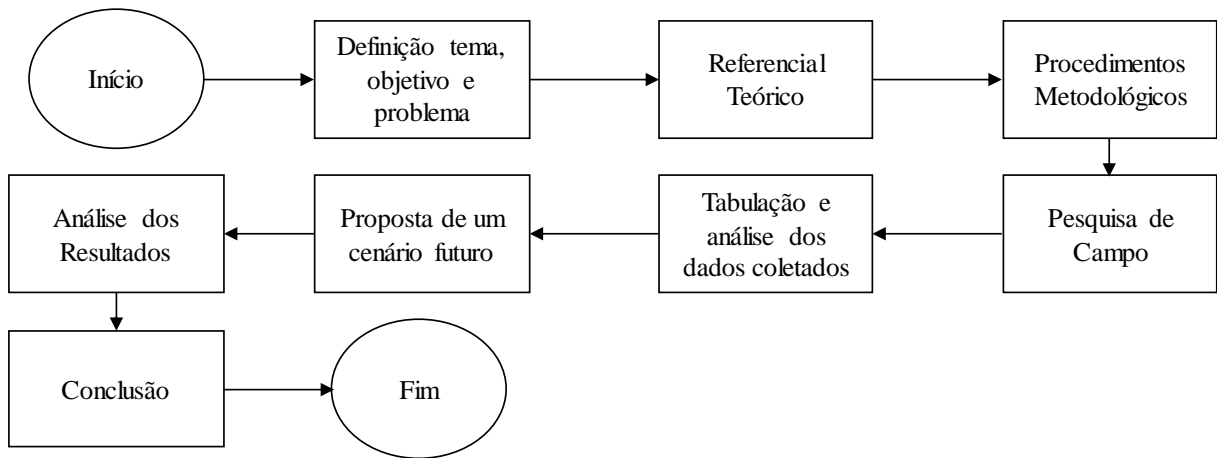
A pesquisa a ser apresentada nesse trabalho de conclusão de curso é classificada como uma pesquisa de engenharia, com natureza aplicada, em decorrência da aquisição de conhecimentos com vistas à aplicação em uma situação específica e real de engenharia (GIL, 2010). Quanto à abordagem define-se como sendo uma pesquisa qualitativa, pois envolverá prioritariamente fontes qualitativas de dados e informações.

Em relação aos objetivos, trata-se de uma pesquisa descritiva, pois envolverá a descrição das características de determinada população ou fenômeno (VERGARA, 2000). Ainda, pode-se classificar este estudo perante os seus procedimentos técnicos como sendo uma pesquisa-ação, onde o pesquisador será agente da pesquisa e procurará diagnosticar um problema específico em uma situação específica, com vistas a alcançar algum resultado prático (GIL, 2010).

### 3.3 ETAPAS DE PESQUISA

No princípio do trabalho, devido ao seu caráter informativo, definiu-se o tema, o problema de pesquisa, a relevância do desenvolvimento da pesquisa, além do objetivo geral e dos objetivos específicos. Foram utilizadas informações gerais de literatura e noções dos autores sobre os temas. Na etapa do referencial teórico buscaram-se autores que abordam os temas de melhoria de processos, redução de consumo de água, higienização industrial e *setups*, com o objetivo de agregar conhecimentos prévios para o desenvolvimento do estudo. Como fontes de pesquisa para a elaboração do referencial teórico utilizaram-se livros, artigos de periódicos, dissertações de mestrado e teses de doutorado. Os principais portais para a busca nessa etapa foram: Periódicos CAPES; *ScienceDirect*; *Web of Science* e; *Google Scholar*. As etapas da pesquisa estão demonstradas na Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma da Pesquisa



Fonte: Autor (2019).

Com o entendimento dos conhecimentos levantados pela revisão bibliográfica neste trabalho, foram definidas as etapas de pesquisa a serem seguidas na pesquisa de campo, isto é, os procedimentos metodológicos. Assim, para o desenvolvimento da pesquisa de campo, foram realizados acompanhamentos do processo CIP de seis objetos (tanques de armazenamento de bebidas), monitorando-se o comportamento do pH e a condutividade elétrica da água durante toda a etapa de enxágue intermediário. Como a etapa de enxágue tem duração padrão de 10 minutos para todos os objetos, foi coletada 1 amostra por minuto, totalizando 11 amostras por acompanhamento. Para o monitoramento do tempo de duração da etapa analisada foi utilizado um cronômetro digital. A medição dos parâmetros de controle foi realizada utilizando dois instrumentos de medição do fabricante Digimed®. Para a análise do pH, utilizou-se de um peagâmetro de bancada microprocessado digital modelo DM-22. Já para a análise da condutividade elétrica, o instrumento de medição utilizado foi um condutivímetro de bancada digital modelo DM-32. Ambos os instrumentos pertencem ao laboratório de controle da qualidade da indústria, que também é responsável pela calibração diária dos equipamentos.

Após ser realizada a etapa de campo, conduziu-se a tabulação dos dados coletados com o auxílio do *software* Excel 2016®. Na sequência, realizou-se uma verificação de quais objetos poderiam ser otimizados. Primeiramente, tomou-se como base o valor do pH da água potável, inferindo-se que quando a água em análise atingisse esses valores, a etapa do processo poderia ser encerrada. Por fim, também foi analisado o comportamento da condutividade elétrica ao decorrer do tempo de duração da etapa de enxágue, considerando o momento em que o valor

medido em mS/cm da solução em análise atingisse o valor igual ou inferior ao da água potável, garantindo a ausência de residual de detergente alcalino nos objetos.

A partir destas análises, foram realizadas estimativas dos impactos financeiros destas melhorias considerando o tempo da etapa de enxágue que poderia ser reduzido para cada objeto. Para a realização dos cálculos das estimativas, foi proposto um cenário futuro variando o tempo da etapa de enxágue intermediário do CIP para cada objeto. A partir deste cenário, estimou-se os ganhos decorrentes em redução de consumo de água. Também foram levados em conta ganhos em maior disponibilidade de produção. Por último, foram apresentadas as conclusões e as considerações finais sobre os resultados obtidos.

## **4 RESULTADOS E ANÁLISES**

A quarta seção deste estudo traz primeiro os dados coletados na pesquisa de campo. Depois é apresentada uma proposta de cenário futuro para a identificação de melhorias. Por último, são analisados os dados e os impactos financeiros das melhorias identificadas.

### **4.1 COLETA DE DADOS**

Nesta subseção tem-se os dados coletados na indústria de bebidas no período de julho a setembro de 2019. Primeiramente, foram levantados os dados históricos referente a número de CIPs, consumo de água e custos envolvidos no processo. Depois, foram realizados acompanhamentos da etapa de enxágue intermediário em 6 tanques de armazenamento. Por fim, elaborou-se um cenário futuro variando o tempo de duração da etapa analisada, quantificando os impactos financeiros das melhorias propostas.

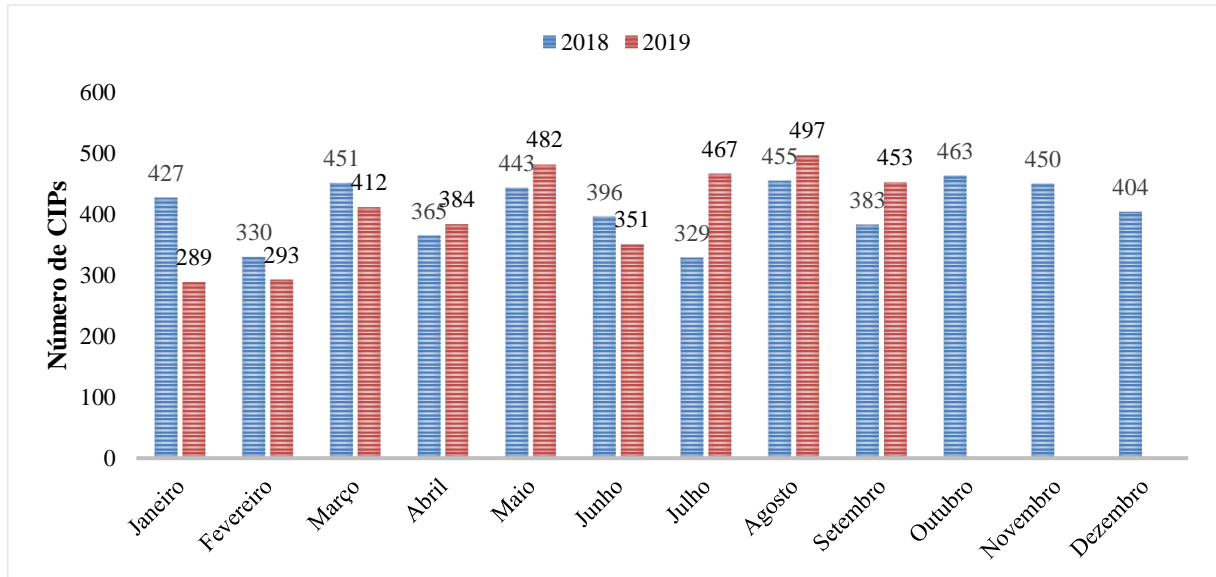
#### **4.1.1 Histórico de CIPs**

Inicialmente foram fornecidos pela empresa dados históricos de 2018 e 2019 referentes ao número total de CIPs com detergente alcalino realizados na indústria mensalmente, conforme a Figura 3.

Pode-se verificar com os dados históricos de CIPs que a média foi de 405 CIPs realizados mensalmente. Vale destacar que no total há 12 tanques de armazenamento e ainda

outros 24 objetos que são higienizados, que por limitações de tempo não estão sendo considerados no presente trabalho.

Figura 3 – Histórico mensal de CIPs nos anos de 2018 e 2019

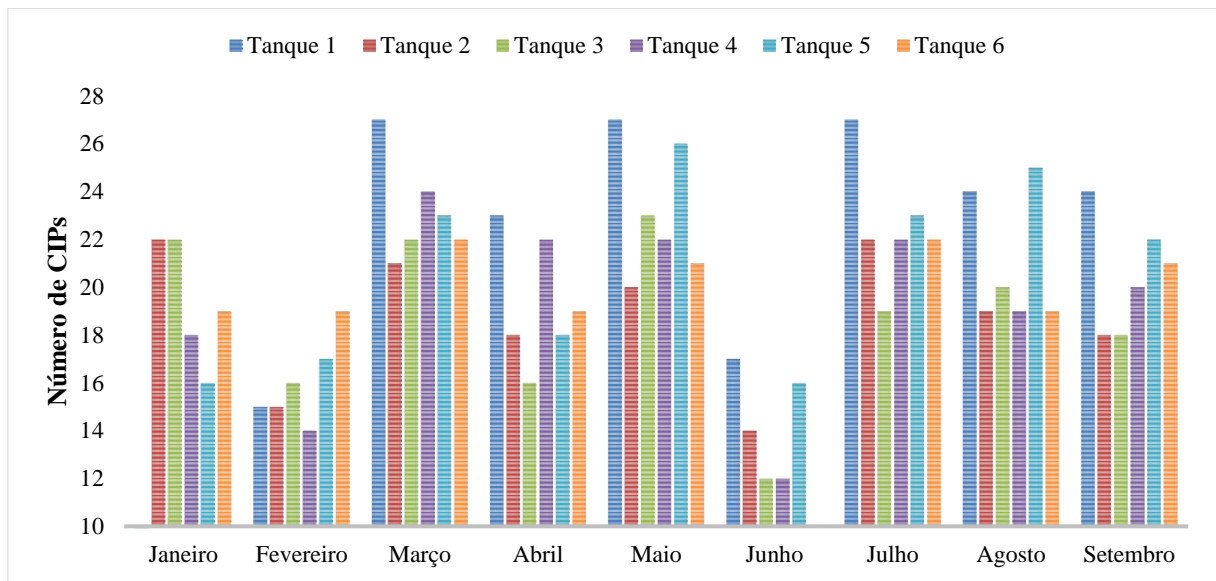


Fonte: Autor (2019).

Também foram fornecidos dados sobre os números de CIPs realizados durante o ano de 2019 nos 6 objetos analisados neste trabalho, conforme a Figura 4.

Analisando a Figura 3, percebe-se uma variação no número de CIPs realizados em cada objeto mensalmente. Esta variação é influenciada pela variação do mix de produtos e pela quantidade de litros de refrigerantes produzidos em cada mês. Porém, não foram fornecidas informações referentes as estratégias de produção adotadas pela indústria.

Figura 4 – Histórico do número de CIPs nos objetos analisados



Fonte: Autor (2019).

Posteriormente, calculou-se o número médio mensal de CIPs realizados em cada tanque, mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Média de CIPs por objeto no ano de 2019

Objeto	Média de CIPs/mês
Tanque 01	21
Tanque 02	19
Tanque 03	19
Tanque 04	19
Tanque 05	21
Tanque 06	19

Fonte: Autor (2019).

Com base na Tabela 1, verifica-se uma média de 20 CIPs por mês em cada tanque. Concluída esta coleta de dados inicial, o passo seguinte do estudo foi verificar os valores de consumo de água em cada CIP.

#### 4.1.2 Consumo de água

Para o levantamento da quantidade de água consumida na etapa de enxágue intermediário foram analisadas as vazões das bombas hidráulicas que enviam água até os tanques de armazenamento, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Vazão média de água das bombas hidráulicas

<b>Objeto</b>	<b>Vazão média de envio (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Consumo de água durante o enxágue (litros)</b>
Tanque 1	18,60	3.100
Tanque 2	17,40	2.900
Tanque 3	16,50	2.750
Tanque 4	19,00	3.167
Tanque 5	18,60	3.100
Tanque 6	19,75	3.292

Fonte: Autor (2019).

Considerando o tempo padrão de 10 minutos da etapa do processo analisado, chegou-se ao valor médio de 3.051,5 litros de água consumidos por enxágue. Na sequência, foram levantados os custos com consumo de água.

#### 4.1.3 Custos com consumo de água

Segundo informações cedidas pelo responsável do setor de meio ambiente da indústria em que o estudo foi desenvolvido, toda a água que é destinada para a produção de bebidas, tendo ou não contato direto com o produto final, passa pela Estação de Tratamento de Água (ETA) antes de ser utilizada. Além disso, após utilização, a água passa pela Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) da indústria antes de ser descartada. Com isso, os custos envolvidos no tratamento de água estão demonstrados na Tabela 3.

Tabela 3 – Custos com o tratamento de água

<b>Ano</b>	<b>R\$/m<sup>3</sup> - ETA</b>	<b>R\$/m<sup>3</sup> - ETE</b>
2018	7,06	5,48

Fonte: Autor (2019).

Considerando as informações contidas na Tabela 3, chegou-se ao custo de R\$ 0,00706 por litro de água tratada na ETA e de R\$ 0,00548 por litro de efluente tratado na ETE. As informações referentes aos custos de energia elétrica e mão-de-obra envolvidos no tratamento de água não foram fornecidas pela indústria em estudo.



#### 4.1.4 Acompanhamento de CIPs

Esta etapa envolveu diretamente o autor deste trabalho no processo de coleta de dados. O processo consistiu no acompanhamento da etapa de enxágue intermediário dos CIPs nos 6 tanques de armazenamento de bebidas (objetos). A fim de obter resultados mais precisos, realizaram-se dois acompanhamentos por objeto em datas distintas, conforme o Quadro 3.

Quadro 3 – Acompanhamento de CIPs

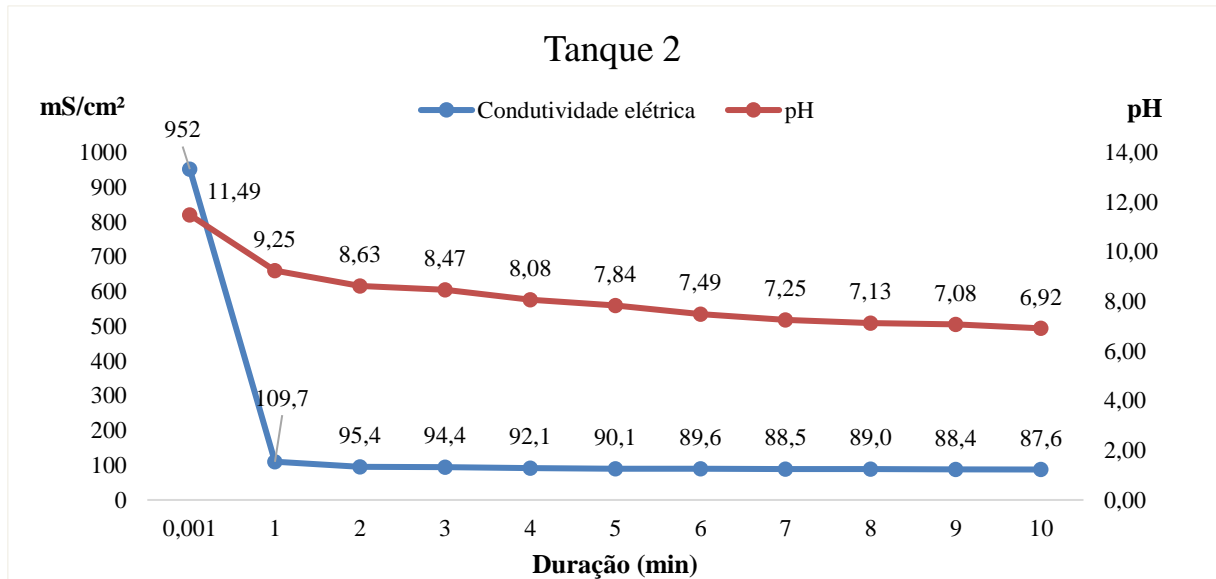
<b>Objeto</b>	<b>Primeira Coleta</b>	<b>Segunda Coleta</b>
Tanque 1	02/08/2019	13/09/2019
Tanque 2	02/08/2019	13/09/2019
Tanque 3	16/08/2019	23/08/2019
Tanque 4	30/08/2019	06/09/2019
Tanque 5	16/08/2019	06/09/2019
Tanque 6	30/08/2019	06/09/2019

Fonte: Autor (2019).

Após a tabulação dos dados coletados nos acompanhamentos, calculou-se a média dos valores medidos entre a primeira e a segunda coleta. Com isso, foram gerados gráficos para cada objeto a fim de analisar o comportamento do pH e da condutividade elétrica das amostras ao decorrer do tempo de duração do enxágue.

Na Figura 4, é possível verificar que o valor da condutividade elétrica apresenta uma variação de aproximadamente 800 mS/cm<sup>2</sup> entre o início do enxágue até o minuto 1. Este comportamento se justifica pela rápida remoção dos íons provenientes de residuais de sais inorgânicos, presentes em soluções de detergentes alcalinos. Porém, analisando o comportamento do pH no mesmo instante, percebe-se que a combinação entre a pequena taxa de variação do parâmetro em análise e os valores medidos serem superiores a 9, significa que ainda há um alto residual de detergente alcalino nos tanques. Com isso, somente após o minuto 6 têm-se a estabilização da variação do pH e da condutividade elétrica das soluções, chegando a valores considerados neutros e inferiores aos encontrados na água potável.

Figura 4 – Gráfico de pH e condutividade elétrica



Fonte: Autor (2019).

Com isso, a partir da análise do comportamento dos parâmetros de pH e condutividade elétrica ao decorrer dos enxágues realizados em cada objeto, foram definidos pelo autor os instantes de tempo em que o processo poderia ser encerrado para cada objeto considerando o instante de tempo em que valor do pH medido fosse menor ou igual a 7,5.

#### 4.2 CENÁRIO FUTURO

Com o propósito de quantificar os impactos financeiros da otimização da etapa de enxágue intermediário dos CIPs realizados em uma indústria de bebidas, elaborou-se um cenário futuro a partir dos dados levantados na pesquisa de campo, variando o tempo de duração da etapa analisada para cada objeto.

Para isso, foram analisados tecnicamente todos os resultados das coletas referentes aos acompanhamentos de CIP realizados na indústria estudada. Para a simulação da redução do tempo de enxágue, foi definido que, no instante de tempo em que valor do pH da água em análise for menor ou igual a 7,5, valor considerado neutro para O'Rourke (2003), o enxágue poderia ser concluído. Então, quantificou-se o tempo de redução de enxágue para cada objeto, mostrado na Tabela 4.

Posteriormente, realizou-se o cálculo da redução do consumo de água, consideradas as vazões médias de envio das bombas hidráulicas para os seis objetos, juntamente com o tempo

reduzido para cada objeto. Considerando o número médio mensal de CIPs realizados em cada tanque, calculou-se a economia de água mensal em litros por objeto. Para o cálculo dos impactos financeiros, utilizou-se a economia de água mensal gerada através da simulação da redução do tempo de enxágue para cada objeto e os custos de tratamento de água e efluentes.

Tabela 4 – Cenário futuro proposto

Objeto	Vazão média (m <sup>3</sup> /h)	Tempo reduzido (min)	Economia de água por CIP (litros)	Média CIPs/mês	Economia de água /mês (litros)	Ganho de horas disponíveis para produção/mês	Impacto financeiro mensal (R\$)	Impacto financeiro anual (R\$)
Tanque 1	18,60	3	930	21	19.530	1,05	257,80	2.938,87
Tanque 2	17,40	4	1160	19	22.040	1,27	276,38	3.316,58
Tanque 3	16,50	3	825	19	15.675	0,95	196,56	2.358,77
Tanque 4	19,00	4	1267	19	24.067	1,26	301,80	3621,55
Tanque 5	18,60	4	1240	21	26.040	1,4	326,54	3.918,50
Tanque 6	19,75	1	329	19	6.254	0,31	78,43	941,13
<b>TOTAL</b>							<b>17.095,41</b>	

Fonte: Autor (2019).

Observando a Tabela 4, totaliza-se o impacto financeiro anual em R\$ 17.095,41 apenas considerando os custos envolvidos no tratamento de água e efluentes. Contudo, o maior ganho é com a diminuição do tempo de *setup*, que gera um acréscimo anual de 75 horas extras disponíveis para produção. Portanto, não foram calculados os ganhos financeiros referentes ao acréscimo de horas disponíveis para produção, pois não foram cedidas informações referentes ao custo operacional e quantidade de litros de bebidas produzidas por hora pela indústria estudada. Também devido à indisponibilidade de dados referentes ao consumo de energia elétrica nos processos CIPs não se contabilizou estes ganhos, porém, estima-se que esses impactos financeiros sejam ainda maiores em relação à água.

Ainda assim, levando em conta o cenário atual, onde a indústria possui doze tanques de armazenamento de bebidas, e realizando uma análise extrapolada dos dados, considerando as médias de consumo de água por enxágue, número de CIPs e tempo reduzido por objeto, os impactos financeiros ultrapassariam o valor de 35 mil reais ao ano.

### 4.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Primeiramente, analisando tecnicamente os dados levantados nos acompanhamentos de CIPs, observou-se que a condutividade elétrica não é um parâmetro confiável para definir quando uma etapa de enxágue intermediário de CIP pode ser encerrada. Isso deve-se ao fato de a taxa de variação após os 3 primeiros minutos de duração ser muito baixa, impossibilitando a inferência da presença ou ausência de residual de detergente alcalino na água somente pela análise deste parâmetro. Com isso, utilizando o parâmetro de pH, considerou-se que quando o valor medido fosse igual ou menor a 7,5, valor considerado neutro em processos CIP (O'ROURKE, 2003), o processo poderia ser encerrado com segurança, garantindo a ausência de qualquer residual de produto químico no tanque.

A partir da análise dos resultados observados no cenário futuro proposto e considerando o horizonte de um ano, puderam-se estimar ganhos significativos em redução do consumo de água e em aumento do tempo disponível para produção. Considerando o cenário futuro proposto, demonstrado na Tabela 4, apenas em economia de água em 6 objetos, estimou-se um impacto financeiro de aproximadamente 17 mil reais.

Ainda considerando os dados do cenário futuro proposto e fazendo uma relação entre a capacidade de produção anual da indústria, que é de 400 milhões de litros de refrigerante, estimando 26 dias por mês disponíveis para produção, operando 12 horas por dia, o acréscimo de 75 horas disponíveis para produção poderia representar um aumento da capacidade da indústria de aproximadamente 8 milhões de litros de refrigerante por ano. Vale destacar que o potencial destas alterações de CIP é ainda maior. Isto é, devido a limitação de tempo, foram realizadas análises em apenas 6 dos 36 objetos em que são realizados CIPs mensalmente.

Com estes resultados concretizados, foram levadas duas sugestões de melhorias aos gerentes de produção da indústria estudada, baseadas nos dados técnicos coletados. A primeira foi uma sugestão de alteração do programa CIP, definindo tempos específicos de enxágue para cada objeto. Apesar da sugestão ter justificativa técnica, o sistema CIP atualmente instalado apresenta limitações de programação, impossibilitando a definição de programas específicos para cada objeto. A segunda sugestão foi a instalação de dois peagômetros nos circuitos de retorno de solução para que o enxágue seja finalizado de maneira automática, conforme parâmetros pré-estabelecidos. Os equipamentos foram instalados no mês de outubro do presente ano e estavam em fase de implementação, aguardando aprovação técnica da marca representada pela indústria.

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho de conclusão de curso teve como objetivo analisar os impactos técnicos e financeiros da redução do tempo de duração na etapa de enxágue intermediário no processo de higienização industrial CIP em uma indústria de bebidas do sul do Brasil. Para isso, foram analisados o comportamento do pH e da condutividade elétrica da água ao decorrer do tempo de duração do enxágue intermediário de 6 tanques de armazenamento de bebidas.

A partir de dados coletados na pesquisa de campo, inferiu-se que, quando o pH medido fosse igual ou inferior a 7,5, a etapa de enxágue poderia ser encerrada. Por conseguinte, foi elaborado um cenário futuro a partir da análise dos dados da pesquisa de campo, variando o tempo de duração do enxágue para cada objeto e quantificando os impactos financeiros. Com isso, apenas em economia de água, estimou-se um ganho anual de 17 mil reais, além de 75 horas extras disponíveis de produção por ano.

Deste modo, ao final, pode-se concluir que o trabalho atendeu a proposta de pesquisa, pois foram apresentados resultados relevantes do ponto de vista financeiro e ambiental para a indústria estudada através da otimização de um processo de *setup* industrial. Ressalta-se que apesar da proposta de cenário futuro, a pesquisa deixa lacunas para estudos futuros, como por exemplo, mapear o enxágue intermediário para todos os objetos que passam pelo processo de higienização CIP, realizando o levantamento de todos os custos envolvidos direta e indiretamente nos processos. Além disso, as técnicas de otimização utilizadas neste trabalho podem ser adaptadas para a realidade de outras indústrias que adotam o processo de higienização CIP, podendo-se gerar grandes melhorias para as organizações que buscam continuamente a otimização de seus processos e a utilização de recursos de maneira mais eficiente.

## REFERÊNCIAS

- ABEPRO. Associação Brasileira de Engenharia de Produção: **A profissão**. 2018. Disponível em <<http://portal.abepro.org.br/a-profissao/>>. Acesso em abr. 2019.
- ALVAREZ, N.; DAUFIN, G.; GÉSAN-GUIZIOU, G. Recommendations for rationalizing cleaning-in-place in the dairy industry: Case study of an ultra-high temperature heat exchanger. **Journal Of Dairy Science**, v. 93, n. 2, p.808-821, fev. 2010.
- ANDRADE, N J.; MACEDO, J. A. B. **Higienização na indústria de alimentos**. São Paulo, 1996.
- BARTZ, T.; SILUK, J. C. M.; GARCIA, M. Redução do tempo de setup como estratégia de aumento da capacidade produtiva: estudo de caso em sopradora de garrafas plásticas. **Exacta**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 36-46, jan./jun. 2012.
- BRAGA, L. P.; SANTOS, P. R. G.; OLIVEIRA, E. A. A. Q. Análise da implementação do processo de melhoria contínua na indústria automobilística. **Tecnologia em Metalurgia e Materiais**, v. 5, n. 1, p.60-64, 2008.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Água na indústria: uso e coeficientes técnicos**. Brasília, DF, 2017. 37 p.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília, DF, 2014. 112 p.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília, DF, 2006. 213 p.
- \_\_\_\_\_. Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. Procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. 12 dez. 2011. Disponível em: <<[http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html)>> Acesso em mai. 2019.
- CNI. Confederação Nacional da Indústria. **CNI lança publicações para promover uso eficiente de água no setor industrial**, 2018. Disponível em: <<https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/sustentabilidade/cni-lanca-publicacoes-para-promover-uso-eficiente-de-agua-no-setor-industrial/>>. Acesso em mai. 2019.
- BROWN, T. L.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E. **Química: A ciência central**, 9 ed, Pearson Prentice Hall, 2005.
- DILLON, M.; GRIFFITH, C. **How to clean – a management guide**. M.D. Associates. Reino Unido, 1999.
- ESCRIG, J. et al. Clean-in-place monitoring of different food fouling materials using ultrasonic measurements. **Food Control**, v. 104, p.358-366, out. 2019

FAN, M.; PHINNEY, D.; HELDMAN, R. The impact of clean-in-place parameters on rinse water effectiveness and efficiency. **Journal of Food Engineering**, v. 222, p.276-283, abr. 2018.

\_\_\_\_\_. Effectiveness of Rinse Water during In-Place Cleaning of Stainless Steel Pipe Lines. **Journal Of Food Science**, v. 80, n. 7, p.1490-1497, mai. 2015

FERREIRA, J. P. **Aspectos do Processo de Higienização CIP - (Clean in Place) nas indústrias de Alimentos**. 2018. Disponível em <<http://uniengenhariadealimentos.blogspot.com/2018/08/aspectos-do-processo-de-higienizacao.html>>. Acesso em abr. 2019.

FIUZA, D. et al. Considerações sobre bancada experimental usada para estudos de otimização de sistemas de limpeza CIP. IN: CONFERÊNCIA DE ESTUDOS EM ENGENHARIA ELÉTRICA, 9., 2011, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: CEEL, 2011.

FLORINO, J. A. C.; MELLO, L. F.; CARAZZAI, R. F. Redução de Custos Operacionais em Indústrias de Manufatura de MDF. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 35, n. 1, p.77-86, mai. 2014.

FUCHIGAMI, H. Y.; MOCCELLIN, J. V. Estudo da influência da programação do primeiro estágio em flow shop híbridos com tempos de setup explícitos. **Exacta**, v. 11, n. 2, p.149-160, dez. 2013.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GOODE, K. R. et al. Characterising the cleaning mechanisms of yeast and the implications for Cleaning In Place (CIP). **Food and Bioproducts Processing**, v. 88, n. 4, p.365-374, dez. 2010.

HAGSTEN, C. et al. Removal of UHT dairy fouling — An efficient cleaning process by optimizing the rate controlling alkaline cleaning step. **Food and Bioproducts Processing**, v. 113, p.101-107, jan. 2019.

JUNIOR, M. J. **Instrumentação e identificação de um processo de sanitização cinética CIP**. 2011. 134 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos)—Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, SP, 2011.

JUNIOR, V. M. et al. Contribuição ao Emprego se Modelos Matemáticos em Sistemas CIP. **UNOPAR Científica Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 12, n. 1, 2015.

JUNIOR, W. V. P. **Projeto de redução no consumo de produtos químicos utilizados em indústrias de bebidas e alimentos**. 2018. 52 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química)-Universidade Federa de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2018.

KEMKER, C. Conductivity, Salinity and Total Dissolved Solids. **Fondriest Environmental**, mar. 2014.

LAKATOS, E. M; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 7.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

- LEITE, W. R. Sistema de Administração da Produção just-in-time (JIT). **Gestão e Tecnologia Industrial**, Belo Horizonte, 2006. Disponível em <[http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe\\_artigo/509](http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/509)>. Acesso em mai. 2019.
- LOPES, R.; NETO, C.; PINTO, J. P. **Aplicação prática do método SMED**, 2006. Disponível em <[http://www.leanthinkingcommunity.org/livros\\_recursos/artigo\\_quickchangeover.pdf](http://www.leanthinkingcommunity.org/livros_recursos/artigo_quickchangeover.pdf)>. Acesso em mai. 2019.
- LYNDGAARD, C. B. et al. Moving from recipe-driven to measurement-based cleaning procedures: Monitoring the Cleaning-In-Place process of whey filtration units by ultraviolet spectroscopy and chemometrics. **Journal of Food Engineering**, v. 126, p.82-88, abr. 2014.
- MEMISI, N. et al. CIP Cleaning Processes in the Dairy Industry. **Procedia Food Science**, v. 5, p.184-186, 2015.
- MIRRE, C. R. et al. Conservação e reuso de águas usando o método Diagrama de Fontes de Água para processos em batelada: estudo de casos. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 7, n. 1, 2012.
- MOLIN, J. P.; RABELLO, L. M. Estudos sobre a mensuração da condutividade elétrica do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.1, p.90-101, jan./fev. 2011
- NEUMANN, C. S. R.; RIBEIRO, J. L. D. Desenvolvimento de fornecedores: um estudo de caso utilizando a troca rápida de ferramentas. **Produção**, v. 14, n. 1, 2004.
- O'ROURKE, T. CIP – Cleaning in Place. **The Brewer International**, v. 3, p. 30–34, 2003.
- PETTIGREW, L. et al. Optimisation of water usage in a brewery clean-in-place system using reference nets. **Journal Of Cleaner Production**, v. 87, p.583-593, jan. 2015.
- PRATI, P; HENRIQUE, C. M.; PARISI, M. M. C. Importância da higienização na indústria de alimentos. **Pesquisa & Tecnologia**, vol. 12, n. 1, jan-jun 2015.
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico [recurso eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. Disponível em: <<http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad-1538f3aef538/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>>. Acesso em abr. 2019.
- REINEMANN, D. J.; RABOTSKI, E. Interaction of chemical, thermal and physical actions on the removal of bacteria from milk contact surfaces. In: INTERNATIONAL WINTER MEETING THE AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS, Chicago. **Anais...** Chicago: ASAE, 1993.
- RUSSEL, J. B. **Química geral**, 2 ed., vol. 1 e 2. São Paulo: McGraw Hill, 1994.
- RYTHER, R. Food Technologies: Cleaning and Disinfection Technologies (Clean-In-Place, Clean-Out-of-Place). **Encyclopedia Of Food Safety**, p.149-155, 2014.



SABENÇA, M. S. P. **Gestão da água na indústria - Reutilização de água para a rega na PSA Peugeot Citroën Mangualde**. Relatório Final de Atividades, IPSV, Viseu, 2013.

SANTOS, V. E. D. **Otimização de ciclos Clean-in-place**. 2014. 153 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)–Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra, 2014.

SCHMIDT, R. H. Basic elements of equipment cleaning and sanitizing in food processing and handling operations. **Institute of Food and Agricultural Sciences**, Florida, FL, 1997.

SILVA JUNIOR, E. A. E. **Manual do controle higiênico sanitário em alimentos**. 2.ed. São Paulo: Varela, p. 329, 1996.

SIMEONE, A. et al. Eco-intelligent Monitoring for Fouling Detection in Clean-in-place. **Procedia Cirp**, v. 62, p.500-505, 2017.

SISLIAN, R. **Estudo de limpeza de sistema CIP usando identificação de sistemas**. 182 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)–Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2012.

TURNER, D. W. Hygiene in the dairy industry. **Dairy Industries International**, v. 47, p. 11-17, jul. 1982.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 3.ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2000.