



PROJETO DE BANCADA EM PEQUENA ESCALA DE SISTEMA CLEAN IN PLACE

Autores:

Giulia Stasiak Carraro Macedo

Rodrigo Muriel

Alexandre Augusto Ferro

Ana Júlia Dreher Cicolani

Paulo Sérgio Donário Silva

Orientador:

Prof. Rodrigo Sislian

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Guarulhos – São Paulo

2025

SUMÁRIO

1	RESUMO	2
2	ABSTRACT	3
3	INTRODUÇÃO	4
4	OBJETIVOS	5
5	METODOLOGIA	6
6	DESENVOLVIMENTO	7
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	11
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	12

RESUMO

A água é um recurso primordial para a vida humana, presente em todo o planeta nas diversas formas. No entanto, apenas uma pequena parte da água doce, encontra-se disponível em aquíferos, rios e lagos, o que limita sua distribuição e utilização. Tal cenário demonstra a necessidade de adoção de processos industriais que façam uso desse recurso de modo eficiente e sustentável, minimizando desperdícios e garantindo a preservação ambiental.

Entre os processos amplamente utilizados em indústrias de alimentos e bebidas, destaca-se o Clean in Place (CIP), sistema que possibilita a limpeza e higienização de linhas de processamento sem a necessidade da desmontagem. Essa tecnologia, além de reduzir custos operacionais, assegura maior segurança sanitária dos produtos. Entretanto, ainda se observa significativa intervenção humana em seu controle, o que frequentemente resulta em elevado consumo de água, comprometendo a eficiência do processo. Diante desse contexto, o projeto tem como propósito desenvolver e apresentar o projeto de montagem de uma bancada de limpeza CIP em pequena escala, que irá permitir estudos experimentais voltados para a racionalização do uso da água em processos industriais. A proposta contempla a análise de variáveis como eficiência de limpeza, consumo hídrico e reprodutibilidade dos procedimentos, de modo a gerar informações aplicáveis tanto em ambientes acadêmicos quanto em contextos produtivos.

Palavras-chave: Economia de Água; Processos industriais; Limpeza no Local; Bancada em pequena escala; Sustentabilidade.

ABSTRACT

Water is a vital resource for human life, present throughout the planet in various forms. However, only a small portion of freshwater is available in aquifers, rivers, and lakes, limiting its distribution and use. This scenario highlights the need to adopt industrial processes that make the use of this resource efficient and sustainable, minimizing waste and ensuring environmental preservation.

Among the processes widely used in the food and beverage industry, Clean in Place (CIP) stands out, a system that allows for the cleaning and sanitization of processing lines without the need for disassembly. This technology, in addition to reducing operating costs, ensures greater product safety. However, significant human intervention is still observed in its control, which often results in high water consumption, compromising process efficiency. Given this context, the project aims to develop and present the design for a small-scale CIP cleaning bench, which will enable experimental studies aimed at rationalizing water use in industrial processes. The proposal includes an analysis of variables such as cleaning efficiency, water consumption and reproducibility of procedures, in order to generate information applicable in both academic environments and productive contexts.

Keywords: Water Economy; Industrial processes; Clean in Place; Small-scale bench; Sustainability.

INTRODUÇÃO

Na indústria de alimentos e bebidas, a higienização dos equipamentos é um requisito para garantir a qualidade e a segurança dos produtos. Contaminações podem acontecer em diferentes etapas do processo produtivo, seja pelo contato com ingredientes crus, falhas de manipulação ou limpeza inadequada. Por isso, os métodos eficazes de sanitização são indispensáveis para prevenir riscos à saúde pública e atender às exigências legais (Friis e Jensen, 2002).

Entre as tecnologias utilizadas, é destacado o sistema Clean in Place (CIP), que permite a higienização de tanques, tubulações e acessórios sem a necessidade de desmontagem (Friis e Jensen, 2002). Esse processo utiliza soluções químicas, água e controle de variáveis como tempo, temperatura e pressão, garantindo a remoção de resíduos e microrganismos. Por ser amplamente automatizado, o CIP garante resultados padronizados, reduz a intervenção humana e minimiza a possibilidade de falhas.

Recomenda-se que essa intervenção ocorra pelo menos a cada 24 horas para garantir a segurança alimentar dos produtos acabados (Wang et al., 2018). Esse processo diário geralmente consiste em pré-enxágue, limpeza alcalina, enxágue, sanitização e enxágue final (Fryer et al., 2006; Escrig et al., 2020).

Diversos estudos relatam os altos custos operacionais e elevado consumo de insumos e água do processo (Yang et al., 2018; Li et al., 2019). Yang (2017) destaca que o procedimento CIP pode representar mais de 50% dos custos operacionais do setor.

Por essas razões, o sistema CIP tem se consolidado como um recurso estratégico para a indústria moderna. Estudar suas aplicações em pequena escala, por meio de bancadas experimentais, ajuda compreender melhor seu funcionamento, promover práticas sustentáveis e formar profissionais capazes de aliar eficiência produtiva e responsabilidade ambiental.

OBJETIVOS

Objetivo Geral:

Projetar uma bancada de pequena escala do sistema Clean in Place (CIP) com capacidade de simular processos automatizados de higienização de tanques e tubulações, que permitam o monitoramento de variáveis críticas como vazão, pressão e temperatura, de tal forma que proporcione uma compreensão prática do funcionamento do sistema, sua eficiência operacional e sua contribuição para a sustentabilidade e segurança nos processos industriais.

Objetivos Específicos:

- Planejar e conceber o layout da bancada utilizando software online de desenho 3D, garantindo a disposição adequada de tanques, tubulações, bombas e sensores.
- Selecionar e adquirir os materiais e componentes necessários para a montagem do sistema, incluindo válvulas, conexões, sensores e bombas compatíveis com o transporte de líquidos de limpeza.
- Documentar o processo de desenvolvimento da bancada, incluindo planejamento, montagem e testes, procurando servir como referência para estudos futuros e aplicações em escala industrial.

METODOLOGIA

A metodologia adotada para o desenvolvimento da bancada de pequena escala do sistema Clean in Place (CIP) tem uma sequência estruturada de etapas que englobam planejamento, concepção e aquisição de materiais. Inicialmente, realizamos a análise das necessidades do sistema, identificando os principais componentes envolvidos, como tanques, bombas, tubulações, válvulas e sensores de pressão, vazão e temperatura. Essa etapa nos permitiu definir os parâmetros de operação e estabelecer critérios de eficiência para a bancada. Para o planejamento e concepção do layout, utilizamos software online de desenho tridimensional, que possibilita a visualização detalhada de todos os elementos do sistema. Essa ferramenta permitiu antecipar possíveis interferências entre os componentes e realizar ajustes antes da montagem, garantindo a funcionalidade do projeto.

Em seguida, foram selecionados os materiais e componentes compatíveis com a circulação de soluções de limpeza. A montagem da bancada seguirá o layout planejado, com atenção à instalação correta das tubulações, válvulas e sensores, de forma a replicar os ciclos de limpeza industrial de maneira funcional e segura. Independente das etapas, os critérios de sustentabilidade são priorizados pela reutilização da água, a minimização de desperdícios e a redução da intervenção humana.

Finalmente, todos os procedimentos, ajustes e resultados serão documentados, possibilitando análise futura e aplicação em estudos acadêmicos e industriais, assim procurando que a bancada funcione como uma ferramenta didática, experimental e de otimização de processos de higienização industrial.

DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento do projeto de bancada de pequena escala do sistema Clean in Place (CIP) envolverá uma sequência complexa de etapas que abrangem desde a concepção inicial até a montagem física do sistema e os preparativos para a realização de testes operacionais. O objetivo principal é a criação de uma bancada capaz de simular, de maneira prática e controlada, os processos de higienização automatizada de tanques e tubulações industriais, que permitem o monitoramento de variáveis essenciais como vazão, pressão, temperatura e tempo de contato com agentes de limpeza. A definição desses objetivos iniciais foi fundamental para orientar todas as decisões posteriores, incluindo a escolha de materiais, sensores, válvulas e demais componentes que garantem a funcionalidade do sistema e a segurança operacional durante a execução dos testes. Para a visualização e planejamento do layout da bancada, optou-se pelo uso de software online de desenho tridimensional OnShape®, o qual possibilitou uma representação detalhada dos componentes utilizados para a montagem da bancada, dentre estes o tanque de armazenamento (Figura 1), o condutivímetro (Figura 2), o sensor de vazão (Figura 3) e o sensor de nível (Figura 4). Esse tipo de ferramenta permitiu analisar a disposição espacial do sistema, antecipando possíveis problemas de interferência, facilitando a organização da bancada e permitindo ajustes no projeto antes da montagem física.

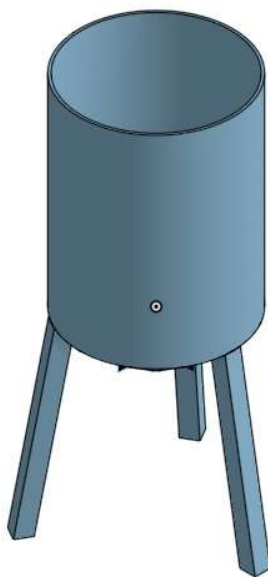


FIGURA 1 – DIAGRAMA 3D DO TANQUE DE ARMAZENAMENTO

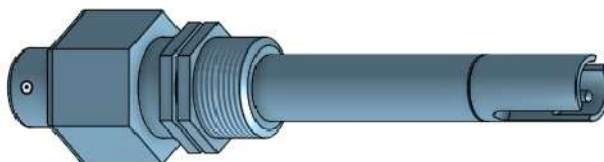


FIGURA 2 – DIAGRAMA 3D DO CONDUTIVÍMETRO

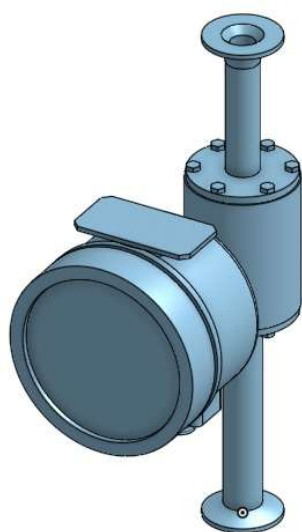


FIGURA 3 – DIAGRAMA 3D DO SENSOR DE VAZÃO

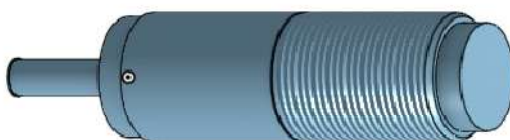


FIGURA 4 – DIAGRAMA 3D DO SENSOR DE NÍVEL

A tubulação do sistema será projetada com base em critérios técnicos, considerando materiais resistentes à ação química dos produtos de limpeza e à variação de temperatura dos líquidos circulantes. Levando em consideração as conexões, curvas e válvulas, permitindo a circulação adequada do fluido em todos os trechos do sistema e possibilitando o controle de vazão em pontos estratégicos. Sensores de pressão, temperatura e vazão vão ser integrados de forma para monitorar o comportamento do sistema em tempo real, garantindo a segurança das operações. Cada componente é escolhido considerando sua compatibilidade com os elementos da bancada e a possível necessidade de manutenção ou substituição, garantindo que o sistema

seja funcional e durável. No que se refere à aquisição de materiais, parte dos itens essenciais, como os tanques de armazenamento, as bombas e os sensores básicos, já foi garantida, mas, ainda restam alguns materiais e componentes a serem adquiridos, como as tubulações e alguns sensores adicionais. Na etapa em que a bancada for montada, estão previstos testes que envolvem a circulação de água e o monitoramento dos sensores, de um modo a avaliar o desempenho do sistema e identificar pontos de melhoria. Esses testes permitirão verificar o funcionamento correto de todos os componentes, analisar a precisão dos sensores e garantir que os parâmetros operacionais estejam dentro de condições seguras e eficientes. Além disso, o projeto enfatiza a importância da sustentabilidade, já que o sistema Clean in Place possibilita a reutilização da água e a redução do desperdício, promovendo uma economia e buscando prejudicar menos o meio ambiente. A automação do processo contribui ainda para a uniformidade da limpeza, garantindo que todos os trechos do sistema recebam tratamento adequado, e reduz a exposição de operadores a produtos químicos, aumentando a segurança no manuseio. A bancada representa uma importante ferramenta de estudo, treinamento e desenvolvimento de melhorias em processos industriais de higienização. O acompanhamento detalhado dos fluxos de água, a observação do comportamento dos sensores e a possibilidade de ajustar variáveis operacionais permitem análises aprofundadas sobre eficiência e desempenho do sistema, servindo como base para futuras implementações em escala industrial. O projeto, não apenas reproduz os processos de limpeza automatizada de forma controlada e segura, garantindo que possa ser aplicado em contextos reais, promovendo inovação, economia de recursos e segurança do sistema de operação.

Dessa forma, a bancada projetada cumprirá uma função educativa, experimental e prática, demonstrando o funcionamento do sistema Clean in Place e suas vantagens em relação à sustentabilidade, economia de recursos, automação e segurança. Cada etapa do desenvolvimento, desde a concepção até os testes preliminares, está sendo conduzida de maneira fiel ao real sistema de processos industriais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A bancada em pequena escala do sistema Clean in Place (CIP) procurará demonstrar de forma clara como teoria e prática podem se unir para criar um modelo funcional e seguro de processos industriais de higienização automatizada. Cada etapa do desenvolvimento, desde a concepção até o desenvolvimento do projeto, é planejada com cuidado, considerando a escolha de materiais, sensores e componentes, garantindo não apenas o funcionamento eficiente do sistema, mas também a segurança dos operadores. O uso de ferramentas digitais de desenho tridimensional visa facilitar a organização do layout e antecipar possíveis ajustes, tornando a montagem mais precisa e eficiente. A automação e a integração dos sensores permitirá monitorar variáveis essenciais, como pressão, vazão e temperatura, assegurando que todo o sistema opere de forma uniforme e confiável. Ao mesmo tempo, o projeto valoriza a sustentabilidade, promovendo a reutilização da água e a redução de desperdícios, mostrando que eficiência e responsabilidade ambiental podem caminhar lado a lado. Mais do que um simples modelo experimental, a bancada proposta cumprirá um papel educativo e prático, oferecendo a oportunidade de estudar, testar e compreender os processos de higienização industrial em um ambiente controlado. Ela procura o aprendizado, a inovação e a segurança, servindo como base para futuras aplicações em escala industrial e consolidando como uma ferramenta essencial para o desenvolvimento de soluções mais eficientes, sustentáveis e seguras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Friis, A. & Jensen, B. B. B. (2002). Prediction of Hygiene in Food Processing Equipment Using Flow Modeling. *Food and Bioproducts Processing*, 80, 281-285. <http://doi/10.1205/096030802321154781>
- [2] Escrig, J.; Woolley, E.; Simeone, A.; Watson, N. J. (2020). Monitoring the cleaning of food fouling in pipes using ultrasonic measurements and machine learning. *Food Control*, 116, 107309. <http://doi:10.1016/j.foodcont.2020.107309>
- [3] Fryer, P. J.; Christian, G. K.; Liu, W. (2006). How hygiene happens: physics and chemistry of cleaning. *International Journal of Dairy Technology*, 59(2), 76–84. <http://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2006.00249.x>
- [4] Wang, L., Keatch, R., Zhao, Q., Wright, J. A., Bryant, C. E., Redmann, A. L., & Terentjev, E. M. (2018). Influence of Type I Fimbriae and Fluid Shear Stress on Bacterial Behavior and Multicellular Architecture of Early *Escherichia coli* Biofilms at Single-Cell Resolution. *Applied and Environmental Microbiology*, 84 (6). <http://doi:10.1128/aem.02343-17>
- [5] Yang, J. A review of cleaning-in-place: industrial challenges and practices. In: Dam-Johansen, K., Forero-Hernandez, H., Szabo, P. (Eds.), *Graduate Schools Yearbook 2016*. Technical University of Denmark, Lyngby, pp. 151e152.
- [6] Yang, J.; Jensen, B. B. B.; Nordkvist, M.; Rasmussen, P.; Gernaey, K. V.; Krühne, U. CFD modelling of axial mixing in the intermediate and final rinses of cleaning-in-place procedures of straight pipes. *Journal of Food Engineering*, 221, 95–105, 2018. <http://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.09.017>

DECLARAÇÃO DE ORIGINALIDADE

“Declaro, para os devidos fins, que este trabalho é original e que todas as fontes utilizadas foram devidamente referenciadas.”

DECLARAÇÃO DE USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA):

Declaro, para os devidos fins, que este trabalho utilizou ferramentas de correção ortográfica baseadas em Inteligência Artificial.