



## SUBSTITUIÇÃO DO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO E CONTROLE DA ÁREA DE TRATAMENTO PRIMÁRIO DE ÁGUA

Caio da Rocha Carvalho,<sup>1</sup>  
Julio Cesar Carou Felix de Lima.<sup>2</sup>

### Introdução

A automação industrial desempenha um papel fundamental na otimização e controle de processos em diversas indústrias, sendo especialmente crucial em áreas como o tratamento de água. Os sistemas de controle são responsáveis por monitorar e ajustar as variáveis do processo, garantindo que os parâmetros operacionais sejam mantidos dentro dos limites ideais. Contudo, com o passar do tempo, muitos desses sistemas tornam-se obsoletos, o que pode comprometer a eficiência, segurança e confiabilidade das operações industriais. A obsolescência tecnológica resulta em uma série de limitações, como aumento dos custos de manutenção, ineficiência no controle de processos e dificuldade de integração com novas tecnologias. Além disso, sistemas antiquados tendem a apresentar falhas mais frequentes, prejudicando a continuidade e qualidade da operação (DIAS; BERNARDES; FONSECA, 2012). A troca de sistemas de controle obsoletos por soluções mais modernas é uma prática comum em diversas indústrias, uma vez que os novos sistemas oferecem uma série de vantagens, como maior flexibilidade, controle em tempo real e monitoramento remoto. No contexto do tratamento de água, essas melhorias se traduzem em um controle mais preciso sobre os parâmetros de operação, como o fluxo de água, a dosagem de produtos químicos e o monitoramento de diferentes variáveis, o que pode resultar em uma produção mais eficiente e sustentável. O uso de tecnologias como o Sistema Di-

gital de Controle Distribuído (SDCD) tem se mostrado vantajoso nesse tipo de aplicação, pois oferece maior visibilidade sobre o processo e permite ajustes automáticos com base em dados em tempo real. Este estudo tem como objetivo analisar a implementação de um sistema de controle moderno em uma planta de tratamento de água, substituindo o sistema antigo por uma solução tecnológica mais avançada (VASCONCELOS; ROCHA; ALEXANDRIA, 2018). O estudo se justifica pela necessidade de encontrar soluções tecnológicas que proporcionem não apenas melhorias no desempenho dos processos, mas também maior sustentabilidade e redução de custos em indústrias essenciais, como a de tratamento de água.

### Objetivos

- Avaliar os impactos da substituição de um sistema de controle CLP obsoleto por um sistema SDCD já utilizado na área de tratamento primário de água.
- Identificar as limitações e falhas do sistema de controle antigo em uma planta de tratamento de água.
- Investigar alternativas tecnológicas viáveis para a substituição do sistema de controle obsoleto, com ênfase na utilização de sistemas SDCD.
- Implementar o novo sistema de controle na planta e realizar testes de desempenho.
- Comparar o desempenho operaci-

<sup>1</sup> Autor: Graduando em Engenharia da Computação da Universidade de Santo Amaro - SP - ccaio@estudante.unisa.br.

<sup>2</sup> Orientador: Julio Cesar Carou Felix de Lima; Professor Mestre, Universidade Santo Amaro - SP - jclima@prof.unisa.br.



onal da planta antes e depois da substituição do sistema de controle.

- Avaliar os ganhos de eficiência no processo.
- Analisar a redução de custos com manutenção, utilizando o novo sistema de controle.
- Verificar a melhoria na qualidade do controle de processos e a redução da necessidade de intervenções manuais.

## Metodologia

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, de natureza qualitativa e tecnológica, com abordagem predominantemente exploratória e descritiva, voltada à solução de um problema prático por meio da modernização de um sistema de controle industrial. Para isso, foi adotada a estratégia metodológica de estudo de caso, com a análise e intervenção direta em uma planta real de tratamento, onde a modernização foi conduzida com base em evidências operacionais, testes de campo e observação técnica contínua. A escolha do estudo de caso como abordagem metodológica é especialmente apropriada em projetos que envolvem tecnologia, uma vez que permite compreender em profundidade as variáveis envolvidas e os efeitos da intervenção em contexto real (LAKATOS; MARCONI, 2017). A primeira etapa da metodologia consistiu na análise do sistema legado, identificando as principais limitações associadas ao uso da linguagem ladder, à ausência de interface gráfica eficiente e à baixa confiabilidade das malhas de controle. Foram levantadas falhas históricas, tempos médios de resposta das malhas em distúrbios, e os pontos de maior intervenção manual por parte dos operadores. Essa abordagem preliminar de diag-

nóstico operacional é essencial em processos de engenharia de sistemas, pois permite definir estratégias mais eficazes de intervenção e mitigação de riscos (ZILBOVICIUS, 1987). Como apoio à modelagem dos processos de controle e de automação envolvidos na modernização, foi utilizada a notação Business Process Model and Notation (BPMN). Esta metodologia gráfica permitiu mapear de forma padronizada os fluxos de decisão, comandos operacionais e interações entre sistemas, facilitando tanto a documentação técnica quanto a comunicação entre os envolvidos no projeto. A utilização da BPMN contribuiu para uma visão estruturada do processo, sendo particularmente útil para representar os novos fluxos de lógica de controle, condições de intertravamento e respostas automáticas aos eventos operacionais. Em ambientes industriais, o uso da BPMN é recomendado como ferramenta complementar ao desenvolvimento de sistemas de automação, por aumentar a clareza e reduzir erros de implementação (TESSARI, 2008). Paralelamente, foi desenvolvido um novo layout gráfico no sistema supervisor, com base em visitas à área, levantamento fotográfico e análise dos fluxogramas de engenharia, buscando representar fielmente o ambiente físico na interface do operador. Essa fase envolveu também a definição de símbolos gráficos, animações de processo e configurações de alarmes operacionais. Interfaces bem projetadas aumentam a eficiência da supervisão e reduzem significativamente a taxa de erros operacionais, sendo consideradas parte fundamental da segurança de sistemas automatizados (FARQUI, 2008). Após a implementação das novas lógicas e da interface gráfica, foi realizada a validação funcional em campo, com acompanhamento contínuo das operações, coleta de dados de desempenho (tempos de resposta, estabilidade de controle, número de intervenções manuais, etc.) e com-



paração com os indicadores obtidos no sistema anterior. A validação empírica com dados reais, aplicada em ambiente operacional, é reconhecida como uma etapa essencial para a comprovação dos ganhos em projetos de engenharia aplicada, permitindo verificar a aderência entre teoria e prática (TOALDO et al. 2024).

## Resultados e discussão

A modernização do sistema de controle, com a substituição da linguagem ladder pela HLBL no ambiente do SDCD, resultou em avanços significativos na confiabilidade operacional e na eficiência do processo. Um dos principais resultados observados foi a expressiva redução do tempo de resposta das malhas de controle em situações de distúrbios operacionais. Anteriormente, a normalização automática de parâmetros críticos, como a dosagem de produtos químicos, podia levar mais de 15 minutos após manobras de linhas ou mudanças bruscas de vazão. Com a nova lógica implementada, esse tempo foi reduzido para aproximadamente 30 segundos, representando uma melhora substancial na capacidade de reação do sistema. Além da rapidez, a estabilidade das malhas em modo automático aumentou consideravelmente. O novo sistema passou a operar por períodos prolongados sem a necessidade de intervenção manual, o que trouxe maior padronização às rotinas operacionais e reduziu a ocorrência de falhas por erro humano. O controle tornou-se mais confiável, mesmo em condições de processo variáveis, permitindo que os operadores se concentrem em atividades estratégicas, como supervisão geral, análise de tendências e prevenção de anomalias. Outro resultado relevante foi a criação de uma nova interface gráfica no sistema supervisor. A representação visual da planta, com layout fiel à área física,

proporcionou ao operador uma leitura clara e em tempo real de todos os parâmetros críticos. Esse avanço superou significativamente o antigo sistema baseado apenas em botões luminosos, que não oferecia qualquer retorno visual sobre o estado do processo. Com a nova tela, a interpretação das condições operacionais tornou-se mais intuitiva, reduzindo o tempo de resposta a eventos e facilitando o treinamento de novos operadores. No aspecto da segurança, a reformulação das lógicas de intertravamento permitiu a criação de rotinas mais completas e inteligentes. O novo sistema passou a considerar múltiplas variáveis de forma integrada antes de permitir comandos críticos, como partidas de bombas ou abertura de válvulas. Essa abordagem preventiva contribuiu para a redução de incidentes operacionais, assegurando maior proteção aos equipamentos e aos operadores. A flexibilidade da linguagem HLBL também se mostrou um diferencial estratégico. Sua estrutura modular e lógica clara facilitaram a construção de rotinas robustas, de fácil manutenção e escaláveis para futuras melhorias. Essa característica garante que o sistema esteja preparado para incorporações futuras, como integração com plataformas de otimização, manutenção preditiva e até mesmo algoritmos baseados em inteligência artificial. De forma geral, os resultados obtidos validam a eficácia da modernização proposta, demonstrando ganhos expressivos em desempenho, segurança e confiabilidade, com impactos diretos na produtividade e estabilidade do processo.

## Considerações finais

A troca do sistema de controle obsoleto por uma solução moderna, como o SDCD, trouxe melhorias significativas para a planta de tratamento de água, atendendo aos objetivos estabelecidos. A eficiência operacional foi



aumentada, os custos com manutenção foram reduzidos, e o controle de processos tornou-se mais preciso e confiável. O estudo demonstrou que a atualização tecnológica é uma estratégia vantajosa para otimizar processos industriais, não apenas em termos de custo, mas também em relação à sustentabilidade e à qualidade do produto final. A pesquisa conclui que a implementação de sistemas SDCD é uma solução eficaz para plantas industriais que buscam melhorar o controle de processos e aumentar a eficiência. A adaptação dessa tecnologia pode ser aplicada a diversos outros setores industriais, mostrando seu grande potencial para otimizar operações em larga escala. Para futuras pesquisas, seria interessante explorar o uso de tecnologias emergentes, como a inteligência artificial, para aprimorar ainda mais os processos de automação e controle.

**Palavras-chave:** Automação industrial; Controle de processos; Tratamento de água; Eficiência operacional; Sistema CLP; Sistema SDCD.

## Referências

1. ARAGÃO, Pedro Henrique de Castro. Proposta de automação de uma estação de tratamento de água para processos industriais. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/34424>. Acesso em: 28 set. 2025. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 14724: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. Disponível em: [http://site.ufvjm.edu.br/revistamultidisciplinar/files/2011/09/NBR\\_14724\\_atualizada\\_abr\\_2011.pdf](http://site.ufvjm.edu.br/revistamultidisciplinar/files/2011/09/NBR_14724_atualizada_abr_2011.pdf). Acesso em: 28 set. 2025.
2. CASTRO, Paulo José Derussi de. Interface Homem-Máquina: O outro lado da tela. *Revista Controle & Instrumentação*, edição nº 181, 2012.
3. DIAS, Alexandre Henrique Farah; BERNARDES, Evandro Soares; FONSECA, Luiz Roberto de Oliveira. Metodologia de gestão de obsolescência nos sistemas de automação da Aperam. In: *Seminário de Automação & TI Industrial*, 2012. Disponível em: <https://abmproceedings.com.br/pt-br/article/metodologia-degesto-de-obsoloscncia-nossistemas-de-automao-da-aperam>. Acesso em: 28 set. 2025.
4. FARQUI, E. A. Automação e informatização aplicada a controle e supervisão de processos de pesagem em empresas de movimentação de cargas. São Paulo: USP, 2024. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-21112024-144831/ptbr.php>. Acesso em: 28 set. 2025.
5. LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. Fundamentos de metodologia científica. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2017. MELLAL, Mohamed Amine; WILLIAMS, Eric J. Optimal replacement strategy of obsolete industrial components under fuzzy data. *Journal of the Energy Institute*, [S. l.], v. 93, n. 6, p. 2120–2130, Dec. 2020. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0959651819853483>. Acesso em: 28 set. 2025.



6. MELLO, Ronaldo José de. Automação de uma estação de tratamento de água. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, 2018. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/11831>. Acesso em: 28 set. 2025. PINTO, Vinicius Gustavo; RODOLPHO, Daniela. IA na otimização de processos de manufatura. *Revista Interface Tecnológica*, Taquaritinga, SP, v. 21, n. 1, p. 884–894, 2025. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/1952>. Acesso em: 28 set. 2025.
7. TESSARI, Rogério. Gestão de processos de negócio: um estudo de caso da BPMN em uma empresa do setor moveleiro. 2009. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/handle/11338/428>. Acesso em: 28 set. 2025.
8. TOALDO, Alexsandro; VALLIM FILHO, Arnaldo Rabello de Aguiar; OYADOMARI, José Carlos Tiomatsu; MENDONÇA NETO, Octavio Ribeiro de. Validação de modelos de machine learning por experimentos estatísticos de campo. *Revista Gestão & Tecnologia*, [S. l.], v. 24, n. 5, p. 95–119, 2024. Disponível em: <https://revistagt.fpl.emnuvens.com.br/get/article/view/2833>. Acesso em: 28 set. 2025.
9. VASCONCELOS, F. B.; ROCHA, M. X.; ALEXANDRIA, A. R. de. Automação em um sistema de tratamento e distribuição de água: um estudo de caso. *Conexões – Ciência e Tecnologia*, Fortaleza, v. 12, n. 3, p. 25-39, 2018. Disponível em: <https://conexoes.ifce.edu.br/index.php/conexoes/article/view/1323>. Acesso em: 28 set. 2025.
10. ZILBOVICIUS, Mauro. Tecnologia, engenharia e automação: estudo de um caso de mudança tecnológica em uma montadora de automóveis no Brasil. 1987. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3136/tde-11072017-074835/ptbr.php>. Acesso em: 28 set. 2025.