

SISTEMA DE MONITORAMENTO E CONTROLE DE ÁGUA PARA OTIMIZAÇÃO DO REUSO EM INDÚSTRIAS QUÍMICAS

WATER MONITORING AND CONTROL SYSTEM FOR THE OPTIMIZATION OF REUSE IN CHEMICAL INDUSTRIES

Marcos Rodrigues Caetano ^{1, i}
Ricardo Hovacker Baldaconi ^{2, ii}

RESUMO

Atualmente enfrentamos sérios desafios ambientais, especialmente em relação ao tratamento da água. A poluição de rios, o desperdício de grandes volumes e a falta de conscientização agravam o problema. Embora a sociedade enfrente dificuldades, grandes indústrias químicas, como a Flint Group, têm implementado soluções eficazes de reuso de água, baseadas em tecnologia, gestão eficiente e conscientização dos colaboradores. No entanto, essas empresas não atingiram esse nível de excelência sem enfrentar desafios, incluindo impactos ambientais e sociais no passado, que impulsionaram a adoção de práticas mais sustentáveis. Este artigo apresenta o desenvolvimento e a implementação de um sistema de monitoramento e controle de água, voltado à otimização do reuso hídrico em indústrias químicas, destacando seus resultados e impactos ambientais e econômicos.

Palavras-chave: Eficiência Hídrica; Poluição; Indústria Química; Desafio Ambiental.

ABSTRACT

Currently, we face serious environmental challenges, particularly regarding water treatment. River pollution, the waste of large volumes of water, and lack of awareness exacerbate the problem. While society struggles, large chemical industries, such as the Flint Group, have implemented effective water reuse solutions based on technology, efficient management, and employee awareness. However, these companies did not achieve this level of excellence without overcoming challenges, including past environmental and social impacts that drove the adoption of more sustainable practices. This article presents the development and implementation of a water monitoring and control system aimed at optimizing water reuse in chemical industries, highlighting its results as well as its environmental and economic impacts.

Keywords: Water Efficiency; Pollution; Chemical Industry; Environmental Challenge.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Giordano (2004), a utilização de água pela indústria pode ocorrer de diversas formas, tais como: incorporação ao produto; lavagens de máquinas, tubulações e pisos; águas de sistemas de resfriamento e geradores de vapor; águas utilizadas diretamente nas etapas do processo industrial ou incorporadas aos produtos; esgotos

¹ Graduando em Manutenção Industrial. E-mail: rodriguesm470@gmail.com

² Mestre em Tecnologia Nuclear. E-mail: ricardo.baldaconi@sp.senai.br

sanitários dos funcionários. Exceto pelos volumes de água incorporados aos produtos e pelas perdas por evaporação, as águas tornam-se contaminadas por resíduos do processo industrial ou pelas perdas de energia térmica, originando assim os efluentes líquidos.

Segundo Nascimento (2013), a tinta pode ser conceituada como uma película ou camada de polímero utilizada para proteger, sinalizar, iluminar ou mesmo para embelezar o substrato sobre o qual ela é aplicada. Basicamente, essa mistura polimérica é formada por elementos como resinas, pigmentos, cargas, solventes e aditivos. Os resíduos e o efluente líquido gerados na produção de tintas devem ser tratados de modo a não causar contaminação de rios e das nascentes de água. A reutilização do efluente tratado é uma das possibilidades que deve ser considerada a fim de minimizar os impactos ambientais e reduzir o uso de recursos naturais. Processos de oxidação química são promissores para a degradação de compostos orgânicos tóxicos. O caminho mais eficiente para a oxidação é o ataque pelo radical hidroxila (OH), por meio do processo de oxidação avançada (POA).

Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2021), a indústria consome aproximadamente 17% de toda a água doce captada no Brasil, sendo as indústrias químicas e de transformação responsáveis por parte significativa desse volume. Isso reforça a necessidade de tecnologias de monitoramento de níveis e controle de reuso, de modo a alinhar a produção à sustentabilidade ambiental.

1.1 Problema de pesquisa

O problema da pesquisa reside na ineficiência no gerenciamento da água nas indústrias químicas, resultando em grandes desperdícios devido a falhas no controle de níveis e falta de sistemas adequados de reuso. O desafio é implementar soluções tecnológicas que permitam a reutilização eficiente da água, reduzindo custos operacionais e o impacto ambiental, especialmente em processos de tratamento e reaproveitamento de efluentes.

1.2 Objetivo(s)

O objetivo deste trabalho é desenvolver e implementar um sistema de monitoramento e controle de níveis de água em indústrias químicas, visando a otimização do reuso hídrico, a redução de desperdícios e a melhoria da eficiência operacional, promovendo práticas sustentáveis no tratamento de efluentes e na gestão de recursos hídricos.

1.3 Justificativa

A crescente escassez de água e o impacto ambiental das indústrias químicas exigem soluções inovadoras para redução do desperdício hídrico e sustentabilidade. O reuso de água não apenas contribui para a conservação ambiental, mas também proporciona economia e eficiência operacional. Este estudo justifica-se pela necessidade de tecnologias de monitoramento e controle que permitam um gerenciamento mais eficaz dos recursos hídricos, atendendo a normas ambientais e promovendo práticas industriais mais responsáveis.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A escassez dos recursos naturais tem levado ao surgimento de leis ambientais mais rigorosas e ao aumento dos custos de captação e tratamento de água

no setor industrial. Como resultado, indústrias têm buscado alternativas que minimizem esses custos e impactos ambientais, adotando técnicas de reuso e reciclagem (Twardokus, 2004).

Estudos recentes destacam que tecnologias de automação e instrumentação são fundamentais para ampliar a eficiência hídrica. Sistemas baseados em sensores ultrassônicos, CLPs e IHMs permitem monitorar em tempo real os níveis de água, reduzindo perdas e garantindo maior confiabilidade no reuso (Carvalho; Silva; Araújo, 2020).

Além disso, há pesquisas sobre o uso de sensores inteligentes e IoT para controle de efluentes em indústrias químicas, viabilizando análise contínua da qualidade da água e integração com sistemas de gestão ambiental. Esse tipo de monitoramento possibilita intervenções rápidas e baseadas em dados, com ganhos econômicos e ambientais (Sousa; Ribeiro, 2021).

Relatórios internacionais reforçam que práticas de reuso em indústrias químicas podem reduzir em até 40% o consumo de água potável, desde que associadas a tecnologias de automação e gestão eficiente (UNESCO, 2022). Dessa forma, a literatura converge quanto à importância de integrar sistemas de monitoramento com políticas ambientais e de sustentabilidade.

3 METODOLOGIA

Neste projeto foi desenvolvido e implementado um sistema de monitoramento e controle de níveis de água em um tanque industrial, com o objetivo de reduzir desperdícios causados por vazamentos e transbordamentos e otimizar o processo de enchimento. O sistema foi projetado para assegurar maior eficiência no uso da água, detectar falhas operacionais e permitir intervenção rápida em situações críticas.

Materiais e equipamentos utilizados:

Controlador Lógico Programável (CLP): utilizou-se o modelo Zelio, programado para acionar válvulas de enchimento de acordo com os sinais recebidos dos sensores de nível.

Sensores ultrassônicos de nível: posicionados a diferentes profundidades no tanque, forneceram medições contínuas e confiáveis da altura da água.

Sinais luminosos de alerta: instalados em pontos estratégicos, acionavam-se quando os níveis atingiam limites críticos (extra baixo ou extra alto), permitindo rápida intervenção da equipe.

Válvula de controle automático: equipada com sistema de fechamento automático, acionado pelo CLP, para evitar transbordamentos.

Procedimentos de avaliação:

Foram monitorados os volumes de água desperdiçados antes e depois da automação. Definiram-se como indicadores: (i) percentual de redução no desperdício, (ii) litros economizados por ciclo e por dia, (iii) aumento da capacidade de tratamento de efluentes.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A implementação do sistema resultou em benefícios significativos do ponto de vista operacional, econômico e ambiental.

Antes da automação, o tanque apresentava vazamentos e transbordamentos que somavam em média 2.500 litros de água desperdiçados por dia. Após a instalação dos sensores ultrassônicos e da lógica de controle via CLP, o desperdício foi reduzido em 45%, equivalente a uma economia de cerca de 1.125 litros por dia.

A válvula de enchimento automática eliminou totalmente os transbordamentos, economizando em média 500 litros por ciclo. Além disso, quando o nível caía para o limite extra baixo, os sinais luminosos permitiam detectar possíveis vazamentos de forma imediata, reduzindo perdas prolongadas.

Essa economia teve impacto direto na estação de tratamento da empresa: o volume de água reaproveitado aumentou em 25%, permitindo processar mais água e reutilizá-la em atividades secundárias, como irrigação de áreas verdes e processos não potáveis. Isso reduziu o consumo de água potável e a dependência de fontes externas. Esses resultados podem ser melhor visualizados na Tabela 1, que compara os indicadores antes e depois da automação do sistema.

Tabela 1 – Comparativo de indicadores de consumo de água antes e depois da automação

INDICADOR	ANTES DA AUTOMAÇÃO	DEPOIS DA AUTOMAÇÃO	REDUÇÃO / GANHO
Desperdício diário médio (L)	2.500	1.375	-45%
Perda por transbordamento / ciclo	~500 L	0L	-100%
Capacidade de tratamento (ganho)	--	+25%	--

Fonte: Próprios autores.

Esses resultados estão em consonância com estudos recentes que apontam a automação industrial e o monitoramento em tempo real como fatores críticos para redução de perdas hídricas e melhoria da eficiência em indústrias químicas (Carvalho; Silva; Araújo, 2020; Sousa; Ribeiro, 2021).

Em síntese, a análise mostra que o sistema de monitoramento e controle de níveis não apenas otimizou a gestão da água, mas também contribuiu para o cumprimento de exigências ambientais e para a consolidação de práticas industriais sustentáveis.

5 CONCLUSÃO

O sistema desenvolvido e implementado contribuiu de forma significativa para a redução do desperdício de água, permitindo economia de aproximadamente 36% no consumo mensal e ampliando a capacidade de tratamento da estação da empresa. Além dos ganhos imediatos, o sistema abre perspectivas de expansão para outros processos industriais, integração com indicadores de sustentabilidade e adoção em escala maior no setor químico. A experiência reforça a importância de combinar automação, monitoramento e gestão hídrica para promover práticas sustentáveis e competitivas.

REFERÊNCIA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2021: relatório pleno. Brasília, DF: ANA, 2021. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centro-de-documentacao/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura-2021>. Acesso em: 24 set. 2025.

CARVALHO, R. L.; SILVA, J. P.; ARAÚJO, M. G. Sistema de monitoramento de efluentes industriais baseado em automação. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 25, n. 3, p. 421-430, 2020. DOI: 10.1590/S1413-41522020202503.

GIORDANO, G. Tratamento e controle de efluentes industriais. Rio de Janeiro: UERJ, 2004. Apostila (Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente), 81 p. Disponível em: <https://metalcleanaguas.com.br/pdf/tratamento-controle-efluentes-industriais.pdf>. Acesso em: 24 set. 2025.

NASCIMENTO, F. C. Tratamento de efluentes da produção de tintas industriais, automotivas e de repintura por irradiação com feixe de elétrons. 2013. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear) — Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. DOI: 10.11606/T.85.2013.tde-29112013-153312.

SOUSA, H. A.; RIBEIRO, D. M. IoT applications in wastewater monitoring for chemical industries. Journal of Cleaner Production, v. 295, p. 126-140, 2021. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.126140.

TWARDOKUS, R. G. Reuso de água no processo de tingimento da indústria têxtil. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/88051>. Acesso em: 24 set. 2025.

UNESCO. The United Nations World Water Development Report 2022: Groundwater — Making the Invisible Visible. Paris: UNESCO, 2022. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380721>. Acesso em: 24 set. 2025.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha sincera gratidão à minha mãe, meu pai e a toda minha família, cujo amor, apoio e incentivo foram fundamentais durante todo o desenvolvimento deste trabalho. Sem o apoio incondicional de vocês, tanto nos momentos de dificuldades quanto nas conquistas, este projeto não teria sido possível. A cada um de vocês, que sempre acreditaram em mim, ofereço meu mais profundo agradecimento.

SOBRE O(S)AUTOR(ES)

i MARCOS RODRIGUES CAETANO



Técnico em Eletrotécnica pelo Instituto Edson (2021). Graduando em Tecnologia da Manutenção Industrial no Centro Universitário SENAI-SP – campus “Roberto Simonsen” (2025). Atualmente é Técnico Eletromecânico de Manutenção com mais de 7 anos de experiência nas áreas de manutenção elétrica, mecânica e automação, tendo atuado em empresas como Araujo Abreu Engenharia, ThyssenKrupp e Flint Group.

ii RICARDO HOVACKER BALDACONI



Mestre em Tecnologia Nuclear pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares da USP; Especialista em Automação e Controle pela Faculdade de Tecnologia SENAI “Mariano Ferraz”. Licenciado pela FATEC-SP; Tecnólogo em Mecatrônica Industrial pela Universidade Nove de Julho. Atua a mais de 15 anos como docente, nas áreas de Programação, Microcontroladores, Eletrônica e Robótica. Atualmente é professor do Centro Universitário Senai – SP, campus “Roberto Simonsen”.