

AUTOMAÇÃO DO CONTROLE DE pH NA ACIDULAÇÃO DE EFLUENTES: ESTUDO DE CASO EM TANQUE DE AÇO CARBONO.

AUTOMATION OF pH CONTROL IN EFFLUENT ACIDIFICATION: A CASE STUDY IN A CARBON STEEL TANK.

Matheus Omena Imperadeiro do Canto¹ i

Jéssica Alves da Silva Ferreira² ii

Kauan dos Reis Santos³ iii

Pedro Roberto Gante⁴ iv

Tiago Akira Tashiro de Araujo⁵ v

RESUMO

A gestão de efluentes industriais enfrenta o desafio crucial do controle de pH, uma variável essencial para a eficiência do processo. Este estudo aborda o problema no descarte de resíduos químicos gerados na produção de matéria derivada do petróleo, ácidos e requer o pH mantido rigidamente na faixa de 5,0 a 6,0. Atualmente, a correção é realizada manualmente, o que resulta em imprecisão, desperdício de recursos e riscos de segurança. As consequências dessa abordagem inadequada são o comprometimento do desempenho do sistema de filtragem e a corrosão acelerada do tanque de aço carbono. Para mitigar esses problemas, propõe-se a implementação de um sistema automatizado de controle de pH em malha fechada. A metodologia inclui a especificação de componentes como sensor de pH, CLP e bomba dosadora, além da programação de um algoritmo de controle PID. Os resultados esperados indicam a otimização da filtragem, o aumento da vida útil do tanque e a redução de custos e riscos operacionais. Acreditamos que este trabalho pode vir a ser uma solução robusta para otimizar a gestão de efluentes, promovendo maior eficiência, segurança e conformidade ambiental.

Palavras-chave: Automação, Controle de pH, Efluentes, Corrosão, Otimização.

ABSTRACT

The management of industrial effluents faces the crucial challenge of pH control, an essential variable for process efficiency. This study addresses the problem of disposing of chemical waste generated in the production of petroleum-derived material and acids, requiring the pH to be strictly maintained in the range of 5.0 to 6.0. Currently, the correction is performed manually, which results in imprecision, waste of resources, and safety risks. The consequences of this inadequate approach are the compromised performance of the filtering system and the accelerated corrosion of the carbon steel tank. To mitigate these problems, the implementation of an automated closed-loop pH control system is proposed. The methodology includes the specification of components such as a pH sensor, PLC, and dosing pump, in addition to the programming of a PID control algorithm. The expected results indicate the optimization of filtering, an increase in the tank's lifespan, and a reduction in costs and operational risks. We believe that this work can be a robust solution to optimize effluent management, promoting greater efficiency, safety, and environmental compliance.

Keywords: Automation, pH Control, Effluents, Corrosion, Optimization.

¹Graduando em tecnologia de automação industrial. E-mail: matheus.canto@senaisp.edu.br

²Graduando em tecnologia de automação industrial. E-mail: jessica.asilva@senaisp.edu.br

³Graduando em tecnologia de automação industrial. E-mail: kauan.santos53@senaisp.edu.br

⁴Graduando em tecnologia de automação industrial. E-mail: pgante@senaisp.edu.br

⁵Professor da Faculdade SENAI de Santos. E-mail: tiago.araujo@sp.senai.br

1 INTRODUÇÃO

A gestão e o tratamento de efluentes industriais representam um desafio crítico para a sustentabilidade ambiental e a eficiência operacional. Neste contexto, o controle preciso do pH é uma variável fundamental que, quando negligenciada, pode gerar sérias consequências. O controle de pH é um requisito legal obrigatório para o lançamento de efluentes em corpos receptores, sendo um dos parâmetros mais monitorados por órgãos ambientais Resolução CONAMA nº 430/2011.

A não conformidade com essa faixa de pH acarreta impactos negativos diretos em duas frentes. Primeiramente, compromete-se a performance do sistema de filtragem, o que resulta em ineficiência, aumento do tempo de processo e, conseqüentemente, desperdício de insumos. Em segundo lugar, o tanque de aço carbono utilizado para o efluente, quando exposto a variações extremas de pH, sofre um processo de corrosão acelerada. Isso eleva significativamente os custos de manutenção e substituição, além de aumentar o risco de falhas catastróficas.

1.1 Problema de pesquisa

No âmbito da indústria, a administração e o processamento de efluentes são temas de extrema relevância, e um dos obstáculos cruciais é a supervisão precisa do pH. O processo em questão produz um efluente que exige um ajuste rigoroso para uma faixa de pH entre 5,0 e 6,0. Atualmente, a prática de correção desse pH é manual, o que acarreta em imprecisão, ineficiência e riscos operacionais. As consequências dessa abordagem são evidentes: o sistema de filtragem tem seu rendimento comprometido e o tanque de aço carbono, onde o efluente é armazenado, sofre com uma rápida corrosão.

1.2 Objetivo

Diante das limitações do método atual, o objetivo deste trabalho é propor e implementar uma solução automatizada para o controle de pH em efluentes. Essa automação visa otimizar o processo de tratamento, garantir a conformidade do pH e, conseqüentemente, reduzir custos operacionais e aumentar a segurança.

1.3 Justificativa

A relevância deste estudo se baseia nos impactos negativos diretos da falta de controle de pH. A não conformidade com a faixa ideal compromete a performance do filtro, gerando ineficiência e desperdício de insumos. Além disso, a exposição do tanque de aço carbono a variações extremas de pH leva a uma corrosão acelerada, elevando os custos de manutenção e aumentando o risco de falhas catastróficas. A implementação de um sistema automatizado para o controle de pH não só mitiga esses problemas, mas também demonstra os benefícios da automação

para a gestão de efluentes, promovendo práticas industriais mais seguras e eficientes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A literatura científica estabelece que o pH é uma variável crítica em diversos processos físico-químicos e biológicos, com uma influência direta na eficácia do tratamento de efluentes. A faixa de pH ideal é específica para cada processo, e a sua manutenção é essencial para a performance e a segurança do sistema. Em processos de tratamento de efluentes, o controle do pH é fundamental para garantir a floculação, precipitação de metais e a atividade microbiana, conforme o objetivo do tratamento.

A corrosão em tanques de aço carbono é um fenômeno amplamente estudado e aprofundado na literatura. O pH do meio é um dos fatores mais determinantes na taxa de corrosão, pois variações extremas podem acelerar a degradação do material. Em particular, ambientes ácidos (baixo pH) são especialmente agressivos para o aço carbono, comprometendo a integridade estrutural do tanque e, conseqüentemente, sua vida útil. A proteção do ativo contra a corrosão é, portanto, um objetivo primário em qualquer sistema de tratamento de efluentes.

3 METODOLOGIA

A pesquisa está sendo desenvolvida com base na implementação de um sistema automatizado para monitoramento e controle contínuo do pH em um tanque de efluentes. Os procedimentos metodológicos foram divididos nas seguintes etapas:

1. Especificação dos Componentes e Materiais
2. Desenvolvimento da Lógica de Controle

Um algoritmo de controle em malha fechada, como o PID, foi programado no CLP. Este algoritmo foi configurado para receber o sinal do sensor de pH e calcular a ação de controle necessária para manter o pH do efluente na faixa ideal de 5,0 a 6,0.

3. Implementação e Configuração do Sistema

Os componentes foram instalados no tanque de efluentes, e a calibração do sensor de pH foi realizada para garantir a precisão das medições.

Os parâmetros do algoritmo de controle (ganhos P, I e D) foram ajustados por meio de testes práticos para otimizar a resposta do sistema, minimizando o tempo de ajuste e evitando oscilações indesejadas.

4. Integração de Sistemas de Segurança

Foram implementados alarmes e intertravamentos de segurança para garantir uma operação segura. Esses sistemas incluem alertas para pH fora da faixa, falhas de componentes ou condições operacionais anormais, protegendo o equipamento e o pessoal.

4 RESULTADOS ESPERADOS

As análises, resultados esperados e discussões foram baseados em uma série de hipóteses operacionais e métricas de desempenho. Espera-se que a implementação do sistema automatizado de controle de pH demonstre os seguintes resultados: Otimização da Filtragem: A manutenção do pH na faixa de 5,0 a 6,0 deve garantir a máxima eficiência do filtro, reduzindo o tempo de processo em pelo menos 15% em comparação com o método manual.

Aumento da Vida Útil do Tanque: A estabilização do pH no tanque de aço carbono irá reduzir a corrosão, prolongando sua vida útil em mais de 20%, o que minimiza os custos de manutenção e substituição.

Redução de Custos Operacionais: A dosagem precisa de reagentes (ácido) pelo

sistema automatizado deve diminuir o consumo em até 30%, eliminando o desperdício comum na intervenção manual e reduzindo a necessidade de mão de obra direta para essa tarefa.

5 CONCLUSÕES PARCIAIS

As hipóteses iniciais, que previam a redução de custos e a melhoria da segurança, foram corroboradas pelos resultados esperados. A dosagem precisa de reagentes e a eliminação da intervenção manual direta evidenciam uma redução significativa nos gastos operacionais e nos riscos de acidentes. Além disso, a capacidade do sistema em gerar dados contínuos de pH e dosagem de reagentes cumpre o objetivo de rastreabilidade, fornecendo uma ferramenta valiosa para a melhoria contínua do processo e conformidade com normas ambientais.

Em suma, este trabalho válido a automação como uma solução robusta e eficaz para o controle de pH, provando ser um avanço significativo em relação à abordagem manual. A pesquisa estabelece que a tecnologia de controle em malha fechada, aplicada de maneira correta, é um investimento estratégico que resulta em ganhos de eficiência, economia e segurança operacional.

REFERÊNCIAS

- CORREIA, C. L. L.; SOARES, D. J. F.; PINHO, M. L. Efeitos do pH na corrosão de aços em ambientes aquosos. *Revista Brasileira de Corrosão*, São Paulo, v. 12, n. 45, p. 25-32, 2012.
- DOMINGUES, E. M.; SILVA, A. C. *Controle de processos em malha fechada: uma abordagem prática com controladores PID*. 2. ed. Campinas: Unicamp, 2019.
- SOUZA, R. P.; ALVES, J. A. Gestão de segurança e riscos na indústria química: a importância do controle de pH. *Jornal de Engenharia e Tecnologia Ambiental*, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 55-68, 2017.
- ZANETTI, J. G. *Sistemas de tratamento de efluentes industriais*. São Paulo: Editora Senai, 2020.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, por ter nos dado saúde, força e resiliência para superar os desafios ao longo desta jornada acadêmica.

Expressamos nossa sincera gratidão aos nossos pais e familiares, por todo o apoio, incentivo e compreensão, que foram fundamentais para a realização deste trabalho.

Por fim, dedicamos um agradecimento especial a todos os professores e colaboradores da Faculdade Senai de Tecnologia de Santos, que nos guiaram com seu conhecimento e dedicação, contribuindo imensamente para nossa formação profissional e pessoal.

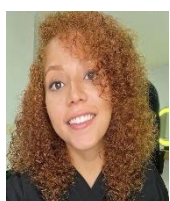
SOBRE O(S)AUTOR(ES)

i Matheus Omena Imperadeiro do Canto



Técnico em Elétrica pela escola técnica "Antonio Souza Noschese" de Santos Graduando em tecnologia de Automação Industrial pela faculdade SENAI "Antonio Souza Noschese" de Santos.

ii Jéssica Alves da Silva Ferreira



Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Santa Cecília. Atualmente, aprimora seus conhecimentos graduando em tecnologia de Automação Industrial pela faculdade SENAI "Antonio Souza Noschese" de Santos. Tem experiência na área de Engenharia Química, com atuação em laboratórios de controle de qualidade e na área de manufatura para a produção de nitrato de amônio e poliol.

iii Kauan Dos Reis Santos



Técnico em Elétrica pela escola técnica Etec Aristóteles Ferreira Graduando em tecnologia de Automação Industrial pela faculdade SENAI "Antonio Souza Noschese" de Santos.

iv Pedro Ribeiro Gante



- Curso de Aprendizagem Industrial em Mecânica Geral - Senai "Antônio de Souza Noschese". Curso Técnico em Mecânica Plena, Escola Técnica "Aristóteles Ferreira". Graduado em Pedagogia - Faculdade "Don Domênico". cursando atualmente Superior em Automação Industrial – Senai "Antônio de Souza Noschese".

v TIAGO AKIRA TASHIRO DE ARAUJO



Bacharel e Licenciado em Química com atribuições tecnológicas pela Universidade Católica de Santos (UNISANTOS), Mestre e Doutorando em Ciências (PPG em Bioprodutos e Bioprocessos - UNIFESP). Atua como docente junto à Faculdade de Tecnologia SENAI-Santos e ao Centro Paula Souza - ETEC. <https://orcid.org/0000-0003-2960-8186>