

INTEGRAÇÃO E CONTROLE DE PROCESSO EM SISTEMA MULTITANQUES COM REATOR: UMA PROPOSTA DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

INTEGRATION AND PROCESS CONTROL IN A MULTITANK SYSTEM WITH REACTOR: AN INDUSTRIAL AUTOMATION PROPOSAL

André Vinicius de Oliveira Ribeiro ^{1, i}
Ricardo Hovacker Baldaconi ^{2, ii}

RESUMO

A adaptação da máquina MH-3000 teve como objetivo automatizar a adição de insumos e o monitoramento em tempo real das variáveis para otimizar a operação. Com capacidade de 3.000 L, possui três tanques e um reator. O processo, antes manual, foi automatizado com equipamentos Siemens e WEG, garantindo maior precisão de controle e redução de erros humanos.

Palavras-chave: Automação; transmissores de vazão; software de monitoramento.

ABSTRACT

The adaptation of the MH-3000 machine aimed to automate the addition of ingredients and real-time monitoring of process variables to optimize operations. With a capacity of 3,000 L, it features three tanks and a reactor. The previously manual process was automated with Siemens and WEG equipment, ensuring higher control accuracy and reduced human errors.

Keywords: Automation, Flow transmitters, Monitoring software.

1 INTRODUÇÃO

Em sistemas industriais, a operação empírica baseada exclusivamente na avaliação visual pelos operadores, o chamado 'olhômetro', resulta em baixa padronização dos produtos, supervisão limitada dos processos e elevado desperdício de insumos. Sistemas automatizados podem reduzir os tempos de ciclo em até 50%, além de diminuir substancialmente a ocorrência de desperdícios graças ao controle mais preciso e repetível do processo (Amorim, 2024).

No contexto de uma empresa alimentícia que fabrica doce de leite, o processo manual frequentemente gera desperdícios, pois o operador adiciona ingredientes por avaliação visual. Isso, na maioria das vezes, resulta em erros de dosagem e na consequente reprovação de lotes pelo setor de qualidade.

O sistema de condensamento composto por três tanques e um reator, da fabricante SELO, apresenta essas limitações, agravadas pela ausência de mecanismos de automação e pela insuficiência de recursos de segurança, uma vez que a máquina não atende à NR-12. Diante disso, este estudo propõe a concepção e implementação de um sistema automatizado que integra sensores, controladores programáveis (CLP)

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

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

e interface homem-máquina (IHM), com o propósito de aumentar a exatidão das receitas, eliminar desperdícios e assegurar a segurança do operador e do produto.

1.1 Problema de pesquisa

O processo de produção de doce de leite na máquina MH-3000, realizado manualmente, apresenta alta variabilidade nas dosagens, desperdício de insumos e ausência de controle automatizado, comprometendo a padronização, a eficiência e a segurança do processo.

1.2 Objetivo(s)

Implementar um sistema de automação industrial para a máquina MH-3000, integrando sensores, CLPs e IHM, com o objetivo de reduzir desperdícios, aumentar a precisão nas dosagens, melhorar a qualidade do produto e garantir maior segurança operacional.

1.3 Justificativa

A automação da máquina MH-3000 possibilita ganhos em eficiência, padronização e segurança, reduzindo erros humanos, custos de produção e impactos ambientais. Além disso, atende às exigências normativas, modernizando um equipamento antigo e tornando-o mais competitivo e sustentável.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A automação industrial evoluiu de soluções isoladas para arquiteturas conectadas e orientadas a dados, nas quais CLPs e SCADA permanecem o núcleo operacional, mas integrados a camadas superiores (MES/ERP) por padrões de interoperabilidade (por exemplo, ISA-95) e serviços como OPC UA. Essa combinação preserva a robustez de chão de fábrica e habilita supervisão em tempo real, rastreabilidade e tomada de decisão baseada em dados (Alcácer; Cruz-Machado, 2019; ISA, s.d.; OPC Foundation, 2024).

Observa-se também a transição do “pyramidão” tradicional para arranjos modulares/IIoT, que favorecem escalabilidade e manutenção, com redes de tempo determinístico conectando IHMs, inversores e sensores inteligentes. Entre os principais habilitadores estão PROFINET (PI) e EtherNet/IP (ODVA), ambos baseados em Ethernet industrial e amplamente usados para integração de dispositivos, diagnóstico e sincronismo de controle em plantas de processo (PI, 2018; ODVA, 2025).

No setor de alimentos e em processos com tanques/reatores, a literatura relaciona instrumentação adequada + controle automatizado a menor variabilidade de dosagem, redução de perdas e maior padronização da qualidade. O problema do desperdício é estrutural: estudos da FAO estimam que cerca de um terço dos alimentos produzidos globalmente se perde ou é descartado ao longo da cadeia, reforçando o papel do controle de processo, da medição de variáveis críticas (vazão, temperatura, nível) e da rastreabilidade na mitigação dessas perdas (FAO, 2011).

A segurança de máquinas é condição para a automação sustentável, especialmente em equipamentos legados. No Brasil, a NR-12 estabelece princípios, proteções e intertravamentos para projeto, operação e manutenção de máquinas, reduzindo o risco de acidentes e conferindo conformidade regulatória a sistemas automatizados (Brasil, 2022).

Por fim, a integração de dados de sensores (vibração, temperatura, corrente) com modelos de manutenção preditiva melhora a disponibilidade: revisões sistemáticas mostram que técnicas de aprendizado de máquina antecipam falhas e orientam intervenções planejadas, reduzindo paradas não programadas e custos totais. Em plantas com CLP/SCADA, tais modelos podem ser acoplados ao supervisório/MES para alertas e histórico de ativos (Carvalho et al., 2019; Wen et al., 2022).

3 METODOLOGIA

A adaptação da MH-3000 teve como objetivo implementar rotinas automatizadas para dosagem precisa de insumos e monitoramento em tempo real, buscando otimizar a operação e aumentar a eficiência.

A MH-3000, modelo 1999, tem capacidade para 3.000 L por ciclo e é composta por três tanques e um reator: tanque de preparo, adição de insumos, tanque de cozimento com aquecimento a vapor e tanque de mistura para homogeneização.

O reator também pode ser utilizado para cozimento controlado por pressão e temperatura.

O processo anterior era manual, com adição de ingredientes pelo operador e acionamento das bombas e etapas do ciclo de produção.

A automação foi implementada com CPU Siemens S7-315-2 PN/DP, módulos de entradas digitais SM 321, entradas analógicas SM 331 e saídas digitais SM 322, além de fonte PS307. Para a interface homem-máquina, utilizou-se IHM Simatic MP 277.

A velocidade das bombas e misturadores foi controlada por três inversores WEG CFW-500 e três CFW-11.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A automação da MH-3000, com CLP Siemens S7-315-2, IHM Simatic MP 277, sensores e inversores WEG, reduziu significativamente o tempo de ciclo. O processo tornou-se mais rápido, previsível e padronizado, eliminando falhas típicas da operação manual baseada na avaliação visual.

A precisão na dosagem de insumos aumentou consideravelmente, reduzindo a variabilidade e o desperdício em 94%. A taxa de lotes reprovados caiu de 1 a cada 20 para 1 a cada 1.500, resultando em economia e maior padronização do produto.

O controle em tempo real de variáveis como velocidade e temperatura assegurou maior estabilidade operacional. A IHM possibilitou que o operador monitorasse instantaneamente o ciclo e adotasse ações rápidas diante de desvios.

A segurança do operador também foi aprimorada: a implementação contemplou dispositivos compatíveis com a NR-12, tais como barreiras, intertravamentos e proteções, promovendo um ambiente mais seguro e conforme às normas.

Do ponto de vista econômico e ambiental, os benefícios foram claros. A redução do desperdício significou economia média de 25% no uso de insumos, com menor impacto ambiental e aderência a práticas de produção sustentáveis.

Ressalta-se que a adaptação foi específica ao Misturador SELO MH-3000; outros equipamentos podem exigir configurações distintas. Além disso, a confiabilidade a longo prazo depende de manutenção preventiva e monitoramento contínuo dos componentes.

5 CONCLUSÃO

A automação da MH-3000, incorporando CLP Siemens, IHM Simatic MP 277 e sensores, elevou em 75 vezes a confiabilidade do processo, reduzindo os erros de 1 a cada 20 ciclos para 1 a cada 1.500. Essa transformação resultou em maior eficiência, menor desperdício e maior padronização na produção de doce de leite. Além dos ganhos operacionais, a implementação promoveu benefícios econômicos e ambientais, demonstrando como a modernização de equipamentos legados pode convertê-los em sistemas seguros, eficientes e alinhados às exigências atuais do setor alimentício. A automação da MH-3000, incorporando CLP Siemens, IHM Simatic MP 277 e sensores, elevou em 75 vezes a confiabilidade do processo, reduzindo os erros de 1 a cada 20 ciclos para 1 a cada 1.500. Essa transformação resultou em maior eficiência, menor desperdício e maior padronização na produção de doce de leite. Além dos ganhos operacionais, a implementação promoveu benefícios econômicos e ambientais, demonstrando como a modernização de equipamentos legados pode convertê-los em sistemas seguros, eficientes e alinhados às exigências atuais do setor alimentício.

REFERÊNCIA

ALCÁCER, V.; CRUZ-MACHADO, V. Scanning the Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, v. 22, p. 899-919, 2019. DOI: 10.1016/j.jestch.2019.01.006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215098618317750>. Acesso em: 24 set. 2025.

ISA – International Society of Automation. ISA-95 Standard: Enterprise-Control System Integration. s.d. Disponível em: <https://www.isa.org/standards-and-publications/isa-standards/isa-95-standard>. Acesso em: 24 set. 2025.

OPC FOUNDATION. OPC 10000-1: UA Part 1 – Overview and Concepts. v. 1.05.04, 29 nov. 2024. Disponível em: <https://reference.opcfoundation.org/Core/Part1/v105/docs/>. Acesso em: 24 set. 2025.

PI – PROFIBUS & PROFINET International. PROFINET System Description (2018 Update). 2018. Disponível em: https://www.profibus.com/fileadmin/media/downloadsection/technical_description_%26_books/PROFINET_System_Description_engl_2018_Update.pdf. Acesso em: 24 set. 2025.

ODVA. EtherNet/IP™ – Key Technologies. 2025. Disponível em: <https://www.odva.org/technology-standards/key-technologies/ethernet-ip/>. Acesso em: 24 set. 2025.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Global Food Losses and Food Waste*. Roma: FAO, 2011. Disponível em: <https://www.fao.org/4/mb060e/mb060e00.pdf>. Acesso em: 24 set. 2025.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. NR-12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos. Portaria MTP nº 4.219, de 20 dez. 2022. Disponível em:

<https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/.../nr-12-atualizada-2022-1.pdf>. Acesso em: 24 set. 2025.

CARVALHO, T. P.; SOARES, F. A. A. M. N.; ALMEIDA, R.; ... A systematic literature review of machine learning methods applied to predictive maintenance. *Computers & Industrial Engineering*, v. 137, p. 106024, 2019. DOI: 10.1016/j.cie.2019.106024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360835219304838> Acesso em: 24 set. 2025.

WEN, Y.; RAHMAN, M. F.; XU, H.; TSENG, T-L. B. Recent advances and trends of predictive maintenance from data-driven machine prognostics perspective. *Measurement*, v. 187, p. 110276, 2022. DOI: 10.1016/j.measurement.2021.110276. Disponível em: https://digitalcommons.chapman.edu/engineering_articles/133/. Acesso em: 24 set. 2025.

SOBRE O(S)AUTOR(ES)

i ANDRÉ VINÍCIUS DE OLIVEIRA RIBEIRO



Técnico em Eletroeletrônica pela Escola SENAI “Roberto Simonsen”. Graduando em Tecnologia da Manutenção Industrial pelo Centro Universitário SENAI-SP – campus Roberto Simonsen (2025). Atualmente é técnico eletromecânico de manutenção com mais de 12 anos de experiência nas áreas de manutenção elétrica, mecânica e automação, tendo atuado em empresas como Modine do Brasil, Atlas Schindler e Inovance.

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".