

AUTOMAÇÃO SEGURA DE FORNO NA PRODUÇÃO DE BOTIJÕES DE GÁS SAFE FURNACE AUTOMATION IN GAS CYLINDER PRODUCTION

Felipe da Silva Crepaldi ^{1, i}
Ricardo Hovacker Baldaconi ^{2, ii}

RESUMO

Este artigo descreve a adaptação de um forno industrial da empresa Aratell, em que foi implementado um sistema pneumático para inserção de botijões, substituindo o processo manual antes realizado pelos operadores. O objetivo foi melhorar a ergonomia, reduzir riscos ocupacionais e otimizar o tempo de operação. Desenvolvida internamente pela equipe técnica, a solução exemplifica a aplicação prática da manutenção industrial. Os resultados indicaram maior segurança, redução de esforços repetitivos e aumento da eficiência operacional, confirmando o impacto positivo da automação no setor.

Palavras-chave: manutenção industrial; automação; segurança do trabalho

ABSTRACT

This article reports on the adaptation of an industrial furnace at Aratell, where a pneumatic system was implemented for inserting gas cylinders, replacing the manual process previously performed by operators. The main objective was to improve ergonomics, reduce occupational risks, and optimize operating time. Developed internally by the technical team, the solution represents a practical application of industrial maintenance. The results demonstrated increased safety, reduced repetitive physical strain, and greater operational efficiency, confirming the positive impact of automation in the industrial sector.

Keywords: industrial maintenance; automation; occupational safety

1 INTRODUÇÃO

A modernização de processos industriais é impulsionada por demandas de eficiência, segurança e sustentabilidade, nas quais a automação ocupa papel central (Werbińska-Wojciechowska, 2023; Achouch et al., 2022). Em operações com fornos, a alimentação manual de peças expõe trabalhadores a altas temperaturas e esforços repetitivos, favorecendo acidentes e distúrbios osteomusculares (Qin et al., 2024).

Na Aratell, a inserção manual de botijões representava risco ergonômico e de segurança. A adequação ao processo exigiu conformidade com a NR-12 (máquinas e equipamentos), a NR-14 (fornos) e a NR-17 (ergonomia), que orientam a proteção do trabalhador (Brasil, 2022; 2023). Este artigo apresenta a adaptação realizada com sistema pneumático, buscando reduzir riscos e aumentar a eficiência, alinhando-se também à lógica da Manutenção 4.0 (Achouch et al., 2022).

¹ Graduando em Manutenção Industrial. E-mail: felipecrepaldi125@gmail.com

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

1.1 Problema de pesquisa

Como substituir o método manual por uma solução automatizada que aumente segurança e eficiência?

1.2 Objetivo(s)

Implementar sistema pneumático que elimine esforços repetitivos, reduza riscos e eleve a produtividade.

1.3 Justificativa

A adoção do sistema pneumático justifica-se pela maior segurança, ao reduzir a exposição a riscos; pela melhoria em ergonomia e saúde, ao eliminar esforços repetitivos; e pela eficiência produtiva, ao padronizar o processo e impulsionar a inovação em manutenção industrial.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A automação pneumática permanece relevante por sua confiabilidade, simplicidade e baixo custo de manutenção, sendo aplicada em setores que demandam ciclos rápidos e repetitivos. Embora limitada em precisão e eficiência energética, apresenta vantagens como robustez e tolerância a ambientes agressivos, desde que acompanhada de rotinas adequadas de inspeção e prevenção de vazamentos (Fluid Power Journal, 2024; Jensen, 2024; Karthik et al., 2024).

No campo normativo, a NR-12 estabelece princípios de segurança em máquinas, a NR-14 trata de requisitos específicos para fornos e a NR-17 aborda ergonomia, recentemente integrada ao Gerenciamento de Riscos Ocupacionais. Em conjunto, essas normas orientam intervenções de engenharia, como a automação pneumática, voltadas à redução de exposição térmica e de esforços repetitivos (Brasil, 2022; 2022b; 2023).

Estudos recentes reforçam que a automação de tarefas repetitivas reduz fatores de risco para distúrbios musculoesqueléticos e melhora o bem-estar ocupacional, sobretudo quando associada a métodos de avaliação ergonômica no redesenho de postos de trabalho (Qin et al., 2024; Gupta et al., 2024; Iyer et al., 2025).

Além disso, retrofits incrementais, como a automação do processo de alimentação de fornos, alinham-se à lógica da Manutenção 4.0, preparando sistemas para futuras integrações de monitoramento e manutenção preditiva (Achouch et al., 2022; Werbińska-Wojciechowska, 2023). Tais iniciativas ainda se conectam aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, destacando o ODS 8, sobre trabalho decente, e o ODS 12, relativo à produção responsável (ONU, 2024a; 2024b).

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada caracteriza-se como de natureza aplicada, pois busca solucionar um problema real identificado no processo produtivo da empresa Aratell.

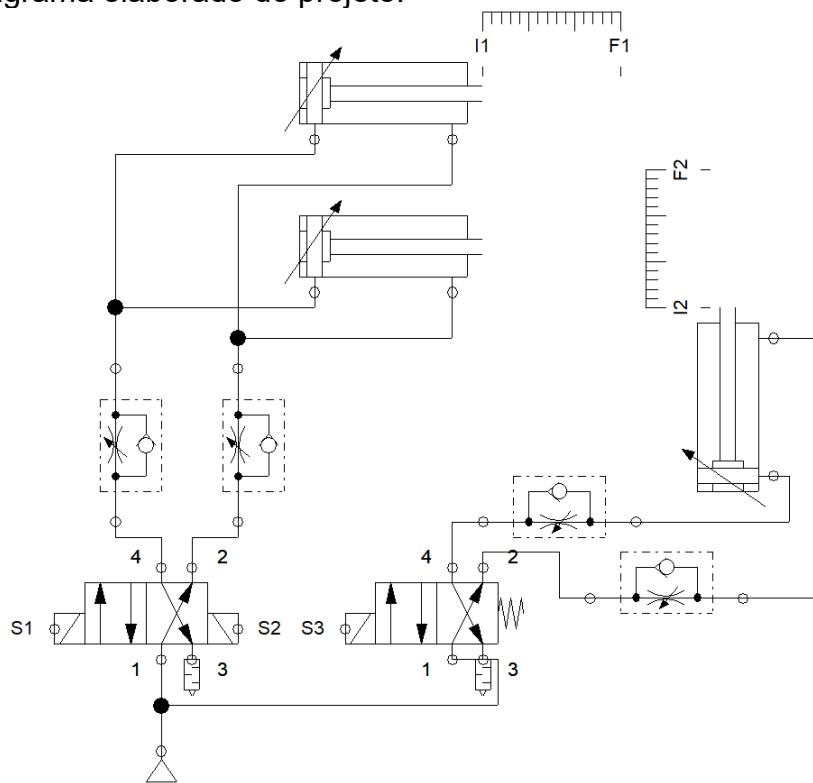
3.1 Diagnóstico do processo existente

O primeiro passo consistiu na análise do método anterior de inserção dos botijões no forno, realizado de forma manual pelos operadores. Essa etapa permitiu identificar os principais riscos ergonômicos e de segurança envolvidos, tais como a exposição a altas temperaturas e a ocorrência de esforços repetitivos, aspectos já discutidos pela literatura sobre saúde ocupacional (Gupta et al., 2024).

3.2 Desenvolvimento do projeto de automação

Foi elaborado um projeto de adaptação do forno, utilizando atuadores pneumáticos como base do sistema de automação. O processo envolveu a seleção dos componentes (cilindros pneumáticos, válvulas direcionais, sistema de controle elétrico-pneumático), a elaboração de desenhos técnicos e simulações em software (FluidSim), resultando no diagrama apresentado na Figura 1;

Figura 1 – Diagrama elaborado do projeto.



Fonte: Próprios autores

Adiante, realizou-se a instalação física dos dispositivos no equipamento industrial. Essa fase seguiu recomendações de boas práticas para projetos de automação industrial, priorizando a conformidade com a NR-12 (Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos) e a NR-17 (Ergonomia) (Brasil, 2022; Brasil, 2023).

3.3 Testes e validação

Após a implementação, foram conduzidos ensaios de funcionamento para verificar a confiabilidade do sistema pneumático e seu desempenho frente ao processo manual anterior. Foram monitorados indicadores relacionados a: tempo de operação, redução de esforços físicos repetitivos, e segurança dos trabalhadores.

Esses parâmetros são consistentes com práticas recomendadas em avaliações ergonômicas e de segurança em ambientes industriais automatizados (Qin et al., 2024; Werbińska-Wojciechowska, 2023).

3.4 Implantação final

Por fim, registrou-se a implantação definitiva do sistema na linha produtiva da Aratell, conforme ilustrado na Figura 2, em que se destacam os principais elementos instalados.

Figura 2 – (A) Cilindros pneumáticos; (B) Guia mecânica; (C) Painel elétrico.



Fonte: Próprios autores.

A comparação entre o cenário inicial e o processo automatizado permitiu avaliar os impactos positivos da solução, considerando aspectos de segurança, ergonomia e eficiência operacional.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A implementação do sistema pneumático no forno da empresa Aratell resultou em mudanças significativas no processo de inserção dos botijões, trazendo benefícios sob as perspectivas operacional, ergonômica e de segurança do trabalho.

Conforme apresenta a Tabela 1, observa-se redução expressiva nos tempos médios de execução por ciclo, com destaque para o posicionamento da peça (redução de 60%), ajuste de parâmetros da máquina (60%) e inspeção inicial (50%). De forma agregada, o tempo total por ciclo passou de 19,5 minutos para 10,5 minutos, representando uma redução global de 46%.

Tabela 1 – Comparativo do tempo de execução antes e depois da automação.

COMPARATIVO DO TEMPO DE EXECUÇÃO ANTES E DEPOIS DA AUTOMAÇÃO			
Tarefa / Operação	Tempo médio antes	Tempo médio depois	Redução
Posicionamento da peça	4,5 minutos	1,8 minutos	60%
Ajuste de parâmetros da máquina	3,0 minutos	1,2 minutos	60%
Execução do processo	10,0 minutos	6,5 minutos	35%
Inspeção inicial	2,0 minutos	1,0 minuto	50%
Tempo total por ciclo	19,5 minutos	10,5 minutos	46%

Fonte: Próprios autores.

4.1 Resultados Operacionais

Antes da adaptação, o empurrão manual dos botijões demandava esforço físico e provocava interrupções frequentes no fluxo produtivo. Com a automação pneumática,

verificou-se maior padronização do processo, reduzindo a variabilidade entre operadores e refletindo em menor índice de falhas e retrabalhos. Esses achados estão alinhados ao que destaca Werbińska-Wojciechowska (2023), ao evidenciar que a automação simples já contribui para a confiabilidade dos processos e para a redução de desperdícios.

4.2 Resultados em Ergonomia e Segurança

O impacto mais relevante esteve nas condições ergonômicas e de segurança. A tarefa manual exigia movimentos repetitivos e proximidade com o forno aquecido, aumentando riscos de lesões por esforço repetitivo e acidentes térmicos. Após a automação, o operador passou a exercer apenas funções de monitoramento e acionamento, eliminando esforços físicos diretos. Essa mudança dialoga com os princípios da NR-17 (Ergonomia) e NR-12 (Segurança em Máquinas e Equipamentos), que preveem a adaptação do trabalho às capacidades humanas e a mitigação de riscos de contato com áreas críticas (Brasil, 2022; Brasil, 2023).

Resultados semelhantes foram observados em outras pesquisas recentes, que destacam a relação entre automação de tarefas repetitivas e a redução de distúrbios musculoesqueléticos em ambientes industriais (Qin et al., 2024; Gupta et al., 2024).

4.3 Limitações e Perspectivas Futuras

Embora os resultados sejam positivos, o sistema pneumático exige rotinas de manutenção preventiva, principalmente para evitar falhas em válvulas e perdas de pressão (Karthik et al., 2024). Como perspectiva futura, sugere-se integrar sensores de monitoramento para permitir ciclos autônomos e coleta de dados em tempo real, preparando o sistema para práticas de Manutenção 4.0 (Achouch et al., 2022).

Adicionalmente, recomenda-se avaliar o consumo energético do sistema pneumático em comparação ao esforço humano, visando identificar oportunidades de otimização e de redução de impactos ambientais, em consonância com o ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis (ONU, 2024).

5 CONCLUSÃO

A implementação do sistema pneumático para a inserção de botijões no forno da empresa Aratell representou um avanço significativo em inovação, segurança e eficiência operacional.

Os resultados demonstraram que a automação reduziu o tempo médio por ciclo em 46%, reforçando princípios do Lean Manufacturing, que buscam a eliminação de desperdícios e a melhoria contínua, e do Total Productive Maintenance (TPM), voltados à maximização da eficácia dos equipamentos.

Em termos de ergonomia e segurança, a automação atendeu às exigências da NR-12 e da NR-17, diminuindo a exposição a riscos físicos e aumentando a satisfação dos operadores. Além disso, a solução posiciona a empresa em linha com tendências de Manutenção 4.0, ao possibilitar futuras integrações com sensores e sistemas inteligentes.

Portanto, conclui-se que a intervenção gerou benefícios imediatos para a Aratell, ao mesmo tempo em que abre perspectivas de evolução tecnológica e de sustentabilidade produtiva, alinhadas aos ODS 8 (Trabalho Decente e Crescimento Econômico) e ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis).

REFERÊNCIA

ACHOUCH, M. et al. On predictive maintenance in Industry 4.0: overview, models and challenges. *Applied Sciences*, v. 12, n. 16, p. 8081, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/app12168081>.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR-12 – Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. Portaria MTP n.º 4.219/2022, de 20 de dezembro de 2022. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/assuntos/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-12>. Acesso em: 26 set. 2025.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR-14 – Fornos. Portaria MTP n.º 4.219/2022, de 20 de dezembro de 2022. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/assuntos/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-14>. Acesso em: 26 set. 2025.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR-17 – Ergonomia. Portaria MTP n.º 423, de 7 de outubro de 2023. Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/assuntos/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-17>. Acesso em: 26 set. 2025.

FLUID POWER JOURNAL. Smart & sustainable monitoring solutions for pneumatically driven machines. *Fluid Power Journal*, 11 jul. 2024. Disponível em: <https://fluidpowerjournal.com/smart-sustainable-monitoring-solutions-for-pneumatically-driven-machines>. Acesso em: 26 set. 2025.

GUPTA, K. et al. A review on ergonomic studies for different industrial setups. *Journal of Research and Practice in Musculoskeletal System*, v. 8, n. 3, p. 131-139, 2024. DOI: <https://doi.org/10.5455/jrprms.20240803033900>.

IYER, H. et al. A scoping review on emerging technologies and work design. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 22, n. 4, p. 456-472, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph22040456>.

JENSEN, S. Pneumatics remain a valuable technology. *Power & Motion*, 6 mar. 2024. Disponível em: <https://www.powermotiontech.com/hydraulics/pneumatics-remain-valuable-technology>. Acesso em: 26 set. 2025.

KARTHIK, P. et al. Future trends in industrial hydraulics and pneumatics: implications for operations and maintenance. *Journal of Physics: Conference Series*, v. 2679, n. 1, p. 012020, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2679/1/012020>.

ONU. Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 8: Trabalho decente e crescimento econômico. Nações Unidas Brasil, 2024a. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/8>. Acesso em: 26 set. 2025.

ONU. Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 12: Consumo e produção responsáveis. Nações Unidas Brasil, 2024b. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/12>. Acesso em: 26 set. 2025.

QIN, R. et al. Research progress of automation ergonomic risk assessment: a bibliometric review (2001–2024). Buildings, v. 14, n. 12, p. 3789, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings14123789>.

WERBIŃSKA-WOJCIECHOWSKA, S. Maintenance performance in the age of Industry 4.0. Energies, v. 16, n. 13, p. 5193, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/en16135193>

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Congresso UniSenai, pela oportunidade de compartilhar este trabalho e contribuir para a disseminação do conhecimento técnico e científico na área de manutenção industrial.

SOBRE O(S)AUTOR(ES)

i FELIPE DA SILVA CREPALDI



Graduando em Tecnologia em Manutenção Industrial pelo Centro Universitário Senai-SP, Campus Roberto Simonsen (2025). Experiência na área de Manutenção Mecânica Industrial na empresa Aratell. Desenhista mecânico na empresa Aratell.

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".