

XI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 27, 28 e 29 de maio de 2025

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Campus Itapetininga

DESENVOLVIMENTO DE UMA VÁLVULA PROPORCIONAL PARA CONTROLE DE LÍQUIDOS COM ELEVADA INÉRCIA

Gabriel Perina Bertoldi – IFSP-VTP¹

Prof. Dr. Claudiner Mendes de Seixas² (Orientador – IFSP-SJP)

Introdução: A automação industrial tem impulsionado a transformação dos processos produtivos, promovendo maior eficiência, competitividade e qualidade no mercado global (Molinari, 2022). A crescente necessidade de padronização e aumento da produtividade impulsiona a adoção de soluções automatizadas, especialmente em setores nos quais o controle rigoroso das variáveis é essencial para garantir a qualidade final do produto (Franchi; Camargo, 2008). No contexto das pequenas e médias empresas, tecnologias de automação acessíveis são ainda mais estratégicas, pois permitem ganhos de competitividade sem a necessidade de investimentos elevados em infraestrutura (INMETRO, 2022). Entre os diversos segmentos industriais, destaca-se o setor de envase de líquidos, no qual a precisão no controle de fluxo é determinante para a integridade e qualidade do produto (Levine, 2008; Yuxiang, 2024). Durante o processo de enchimento, a formação de bolhas de ar representa um problema recorrente, resultante da velocidade excessiva do fluxo ao preencher o recipiente. Esse fenômeno compromete o volume final do produto, prejudica sua qualidade percebida e gera perdas financeiras. Para mitigar esses efeitos, é fundamental adotar estratégias que proporcionem o controle preciso da vazão, permitindo um escoamento gradual e uniforme do líquido no interior do frasco. Nesse contexto, as válvulas proporcionais surgem como soluções estratégicas, permitindo o ajuste dinâmico do fluxo de líquidos de forma contínua, em resposta às variações das condições operacionais. Estes dispositivos desempenham papel crucial em sistemas de dosagem para os setores químico, farmacêutico e alimentício, bem como no controle de fluxo em sistemas de resfriamento, aquecimento, tratamento de água, automação agrícola, equipamentos médicos e pintura industrial (Lachman; Lieberman; Kanig, 2009). A crescente demanda por sistemas de controle de fluidos precisos e eficientes impulsiona o desenvolvimento de novas tecnologias de válvulas proporcionais (Miller, 2019), capazes de modular a vazão com elevada precisão e confiabilidade (Lee; Garcia, 2021). Considerando essas necessidades, torna-se evidente a importância do desenvolvimento de soluções específicas para o controle refinado do fluxo em processos de envase. Neste cenário, o desenvolvimento de uma válvula proporcional de baixo custo, que alia simplicidade de construção e precisão de controle, apresenta-se como uma solução altamente relevante para suprir essas

¹Estudante do curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica, IFSP – Votuporanga/SP E-mail do primeiro autor: g.bertoldi@aluno.ifsp.edu.br

² Titulação do orientador: Doutor. IFSP – São José do Rio Preto/SP. E-mail do autor: claudiner@ifsp.edu.br

XI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 27, 28 e 29 de maio de 2025

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Campus Itapetininga

demandas específicas. Com base nessas premissas, o presente trabalho propõe a construção e a validação de um protótipo funcional de válvula proporcional, projetado com ênfase na simplicidade construtiva, robustez operacional e facilidade de implementação. O protótipo utiliza uma válvula esférica, facilmente encontrada em lojas de materiais de construção, acoplada a um servomotor controlado por um microcontrolador Arduino Uno. Essa configuração visa oferecer uma alternativa economicamente acessível para o controle preciso de fluidos, especialmente em aplicações que envolvam líquidos com elevada inércia. Este trabalho foi desenvolvido como parte do Trabalho de Conclusão de Curso, visando suprir uma carência evidente no mercado para esse tipo de dispositivo, tanto em termos da variedade de opções disponíveis quanto da facilidade de acesso, especialmente para pequenas e médias empresas que frequentemente enfrentam restrições orçamentárias e limitações técnicas para a implementação de soluções de controle de fluido mais complexas e dispendiosas. As características técnicas, o desempenho obtido nos testes e as potenciais aplicações do dispositivo são detalhados nos resultados e conclusões a seguir. **Objetivo:** O objetivo geral do projeto consistiu no desenvolvimento e construção de um protótipo funcional de uma válvula proporcional para controle do fluxo de líquidos. Os objetivos específicos englobaram: revisão bibliográfica e estudo sobre válvulas proporcionais, atuadores, estratégias de controle e programação para Arduino; projeto do sistema mecânico e eletrônico do dispositivo, incluindo a válvula esférica, servomotor, plataforma Arduino, fonte de alimentação e estrutura de fixação; implementação do sistema de controle PID, garantindo resposta rápida e estável, erro estático nulo e confiabilidade para o acionamento preciso da válvula; teste funcional do protótipo, avaliando a robustez do controle, respostas dinâmicas e estáticas e repetibilidade do processo; documentação do projeto e dos resultados obtidos, gerando um relatório técnico para registro do projeto e artigo para disseminação. **Metodologia:** A estratégia metodológica planejada para assegurar o sucesso do projeto foi baseada no atendimento dos objetivos específicos, na ordem em que foram apresentados. Cada objetivo específico representa uma meta a ser cumprida. A estratégia metodológica foi resumidamente descrita a seguir: Primeiramente, em cumprimento à primeira meta, foi feita uma revisão bibliográfica e estudo sobre válvulas proporcionais, atuadores, estratégias de controle e programação para Arduino. Com isso os assuntos pertinentes ao trabalho ficaram mais claros e dominados. Baseado no material estudado e nos conhecimentos transversais adquiridos em aulas, foi projetado e testado o dispositivo (válvula proporcional) perseguindo os demais objetivos específicos. Assim, em cumprimento à segunda meta, foi desenvolvido o projeto do sistema mecânico e eletrônico do dispositivo, incluindo a válvula esférica, servomotor, plataforma Arduino, fonte de alimentação e estrutura de fixação. A partir da plataforma construída, partiu-se para o atendimento à terceira meta implementando o sistema de controle PID no programa de controle da válvula embarcado no Arduino. Como penúltima meta, foram realizados inúmeros testes funcionais do protótipo, avaliando a robustez do controle, respostas dinâmicas e estáticas e repetibilidade do processo, garantindo confiabilidade no acionamento preciso da válvula. Os resultados dos testes serviram de base para alterações específicas do protótipo até que os resultados foram satisfatórios e o protótipo foi dado como finalizado. Por fim, cumprindo a última meta e permitindo o encerramento do

XI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 27, 28 e 29 de maio de 2025

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Campus Itapetininga

trabalho com êxito, foi realizada a documentação do projeto e dos resultados obtidos, gerando um relatório técnico para registro do projeto e artigo para disseminação. **Resultados:** O trabalho resultou no desenvolvimento e construção bem-sucedida de um protótipo de uma válvula proporcional, construída com foco em simplicidade, robustez e baixo custo, especialmente projetada para aplicações em que o fluido apresenta elevada inércia. O produto final é formado por uma válvula esférica tradicionalmente usada em instalações hidráulicas residenciais, acoplada a um servomotor e este controlado por um Arduino Uno que detém a programação específica. Ela foi testada, com sucesso, especificamente para aplicação em envase de líquido, trabalhando em conjunto com um sistema que incorpora célula de carga e tanque reservatório, porém pode ser usada nas mais variadas aplicações. O protótipo proporcionou o envase adequado de produtos químicos viscosos e sensíveis a movimentação (devido a formação de bolhas de ar). A abertura e fechamento da válvula foram controlados em tempo real em função do peso do frasco sob envase, obtido por meio da célula de carga e do controlador. Em especial para pequenas empresas que necessitam controle de fluxo de líquido, o protótipo é uma excelente solução, devido à sua simplicidade e baixo custo. Tanto os custos de fabricação quanto os de manutenção foram otimizados, minimizando prejuízos por tempo de não operação, proporcionando maior atratividade para aplicações industriais. Os testes confirmaram o controle preciso do peso e a estabilidade dos ciclos de enchimento dos frascos, alinhando-se aos benefícios de aumento da produtividade, redução de desperdício, consistência e padronização, além de potenciais resultados como redução de custos de mão de obra, melhora na qualidade do produto, aumento da competitividade, otimização do tempo de produção e fortalecimento da imagem da marca. **Conclusão:** Como resultado foi construído e validado um protótipo de uma válvula proporcional, para aplicação no controle de fluxo de líquidos com alta inércia, utilizando um servomotor para rotação do eixo de uma válvula esférica e um Arduino para controle. Do ponto de vista econômico, o projeto atingiu seu objetivo de desenvolver uma solução de baixo custo e acessível, utilizando componentes amplamente disponíveis no mercado e uma montagem simples tanto para fixação do servomotor como para acoplamento dos eixos servo-válvula. Assim, o dispositivo proposto representa uma alternativa atrativa para pequenos e médios empreendimentos que desejam automatizar seus processos produtivos, promovendo ganhos de produtividade, maior padronização e redução de perdas, contribuindo para o aumento de sua competitividade. Durante os testes, utilizando o protótipo como envasadora, o dispositivo apresentou alta precisão no controle do enchimento, interrompendo o fluxo ao atingir o peso-alvo, com variações inferiores a 0,5% entre os frascos. O sistema de controle mostrou-se robusto e confiável, mantendo a estabilidade do processo ao longo de ciclos contínuos de operação.

Referências:

FRANCHI, C. M.; CAMARGO, V. L. A. *Controladores lógicos programáveis: sistemas discretos*. São Paulo: Érica, 2008.

INMETRO. **Portaria INMETRO/ME nº 93, de 3 de março de 2022**. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br>. Acesso em: 26 abr. 2025.

XI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 27, 28 e 29 de maio de 2025

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Câmpus Itapetininga

LACHMAN, L.; LIEBERMAN, H. A.; KANIG, J. L. *Teoria e prática na indústria farmacêutica*. 3. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2009.

LEE, S.; GARCIA, M. Precision fluid control in industrial processes. *Chemical Engineering Progress*, v. 117, n. 5, p. 45-52, 2021.

LEVINE, I. N. *Química física*. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

MILLER, R. Advancements in proportional valve technology. *Journal of Automation and Control Engineering*, v. 3, n. 1, p. 15-28, 2019.

MOLINARI, B. Automação industrial: maior eficiência produtiva e mais competitividade no mercado global. *Indústria 4.0*, 29 jul. 2024. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/artigo/25336-automacao-industrial-maior-eficiencia-produtiva-mais-competitividade-mercado-global>. Acesso em: 27 abr. 2025.

YUXIANG. Top trends in automatic filling machines for 2024. Guangzhou YuXiang Light Industrial Machinery Equipment Co. Ltd., 6 set. 2024. Disponível em: <https://www.yuxiangmachinery.com/article/detail/top-trends-in-automatic-filling-machines-for-2024.html>. Acesso em: 27 abr. 2025.