

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

DESENVOLVIMENTO DE UMA MÁQUINA ENVASADORA COM SISTEMA DE PESAGEM DINÂMICA EM TEMPO REAL

Marcio Roberto de Oliveira – IFSP-SJP¹

Carlos Eduardo Pereira da Silva – IFSP-SJP¹

Victor Hugo Marques – IFSP-SJP¹

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

Introdução

A eficiência desponta como um valor primordial no cenário em constante evolução das indústrias de manufatura e embalagem. Para o envase de líquidos e semilíquidos, as máquinas especializadas representam uma inovação essencial, que tem transformado diversos setores. Sua capacidade de otimizar o processo, assegurar a precisão volumétrica, reduzir o desperdício e impulsionar a produtividade as coloca no centro das operações modernas (MULTIPACK a, s.d; Dubey; Gupta; Garg, 2020; WECHU, s.d. MULTIPACK b, s.d). A demanda por processos de envase eficientes e precisos é crescente especialmente em pequenas indústrias que lidam com produtos químicos. A dificuldade em controlar o volume de fluidos utilizando métodos tradicionais de dosagem volumétrica podem resultar em imprecisões e desperdícios de material, especialmente quando se trata de líquidos viscosos ou que geram espuma na sua movimentação. No caso específico de amaciante de roupas, foco deste trabalho, a dificuldade no envase é demasiadamente grande devido a formação de bolhas de ar. Por isso, a movimentação do fluido deve ser muito bem estudada e geralmente o produto não é bombeado, ocorrendo o envase com escoamento por gravidade. O volume do frasco pode ser alterado devido o rompimento das bolhas de ar, muitas vezes quando o produto já está na posse do cliente, nas prateleiras do mercado. Isso resulta em sérios problemas com órgãos fiscalizadores e com clientes. Diante desse cenário, o presente trabalho aborda o desenvolvimento e a construção de um protótipo de uma máquina envasadora, especificamente projetada para líquidos viscosos e sensíveis à sua movimentação. Conforme MULTIPACK b (s.d), no projeto de uma máquina de envase de líquido, vários fatores devem ser considerados para garantir a melhor adequação às necessidades de fabricação. Os requisitos de capacidade de produção, os tamanhos dos recipientes e os tipos de produtos a serem envasados são considerações críticas. A viscosidade e as propriedades de formação de bolhas e espuma do produto também devem ser levadas em consideração, assim como os diferentes princípios de enchimento, para emprego do mais adequados para as características específicas do produto. Por exemplo, enchimento com produtos altamente viscosos, uma máquina de enchimento de pistão seria mais adequada, enquanto máquinas de enchimento a vácuo são ideais para produtos espumosos. Além disso, a facilidade de uso da máquina como os requisitos de manutenção

¹Estudante do curso Técnico em Automação Industrial, IFSP – São José do Rio Preto/SP E-mail do primeiro autor: marcio.oliveira@aluno.ifsp.edu.br.

²Doutor. IFSP – São José do Rio Preto/SP. E-mail do autor: marcio.oliveira@aluno.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

e a conformidade regulatória para garantir uma integração perfeita ao processo de produção em questão, devem ser levados em consideração. A principal característica distintiva do sistema de envase proposto neste trabalho reside na adoção da tecnologia de pesagem dinâmica, empregando uma célula de carga (Laumas, s.d.) para monitorar em tempo real o peso do produto dispensado. Assim, o enchimento gravimétrico, garante um controle volumétrico de alta precisão e eficiência. A automação do processo é assegurada por um Controlador Lógico Programável (CLP) (Franchi; Camargo, 2020), que integra sensores de presença para detecção do correto posicionamento dos frascos e válvulas com acionamento pneumático (Prudente, 2016) para a gestão do fluxo do líquido. A otimização do envase foi alcançada por meio de um algoritmo de controle inteligente, capaz de controlar a abertura da válvula quando é detectado que o frasco vazio está corretamente posicionado e o rápido fechamento da válvula quando o peso alvo do frasco é atingido, assegurando o volume correto e evitando transbordamento. O projeto englobou desde a análise detalhada dos componentes de hardware e software até as etapas cruciais de calibração e validação do protótipo funcional, visando comprovar sua eficácia e potencial para aplicações industriais. Foi focado no desenvolvimento a obtenção de uma máquina de baixo custo, que fosse acessível a pequenas empresas cujas linhas de produção dependem do processo de envasamento. Este projeto é fruto dos trabalhos desenvolvidos no componente curricular “Projeto Integrador” do curso de Automação Industrial do IFSP-SJP. Os alunos integraram para realização do protótipo funcional, conhecimentos transversais adquiridos ao longo de suas trajetórias profissionais em empresas usuárias de automação e em diversos componentes curriculares estudados, como por exemplo eletrônica analógica, circuitos elétricos, máquinas e comandos elétricos, controlador lógico programável e redes industriais, sistemas microcontrolados, hidráulica e pneumática, controle de processos industriais, robótica e sistemas de manufatura, dentre outros.

Objetivo

O objetivo geral do projeto consistiu no desenvolvimento e construção de um protótipo funcional de uma máquina envasadora para líquidos viscosos, utilizando pesagem dinâmica com célula de carga e controle via CLP. Os objetivos específicos englobaram: a) revisão bibliográfica e estudo sobre máquinas de envase, células de carga, sensores e atuadores, controladores e estratégias de controle, automação de processo, eletrônica e programação de CLP; b) projeto do sistema mecânico e eletrônico da máquina envasadora, incluindo estrutura, sensores, atuadores, interface e dispositivos de controle; c) implementação do sistema de pesagem dinâmica, garantindo resposta rápida e confiabilidade para o acionamento preciso da válvula de envase; d) desenvolvimento do controle da válvula de envase, utilizando um acionamento pneumático em modo on/off, determinando a abertura e fechamento com base na pesagem em tempo real; e) criação de um algoritmo de controle no CLP, integrando esteira transportadora, sensor de presença do frasco, botão de início e lógica para fechamento da válvula ao atingir o peso-alvo; f) construção e teste do protótipo, avaliando a precisão do envase, tempo de operação e repetibilidade do processo; g) documentação do projeto e dos resultados obtidos, gerando um relatório técnico para registro do projeto e artigo para disseminação.

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

Metodologia

A metodologia planejada para assegurar o sucesso de cada objetivo específico/meta e consequentemente do projeto como um todo está resumidamente descrita a seguir: Primeiramente, em cumprimento à primeira meta, foi feita uma revisão bibliográfica e estudo sobre máquinas de envase, células de carga, sensores e atuadores, controladores e estratégias de controle, automação de processo, eletrônica e programação de CLP. Com isso a equipe se familiarizou com os temas necessários ao projeto. Baseado no material estudado, nos conhecimentos adquiridos em aulas e na experiência profissional dos integrantes do grupo de trabalho, visto que todos trabalham em empresas usuárias de automação de processos, foi idealizada a máquina perseguindo os demais objetivos específicos. Assim, em cumprimento à terceira meta, foi desenvolvido o projeto do sistema mecânico e eletrônico da máquina envasadora, incluindo estrutura, sensores, atuadores, interface e dispositivos de controle. Na sequência, quarta meta, foi desenvolvido o sistema de pesagem dinâmica, utilizando a célula de carga e um controlador com Interface Homem Máquina (IHM), garantindo ajuste, calibração, resposta rápida e confiabilidade para o acionamento preciso da válvula de envase. Depois, em atendimento à quinta meta, foi selecionada o tipo da válvula de envase, optando-se por acionamento pneumático em modo on/off, com abertura e fechamento com base na pesagem em tempo real. Na sequência, sexta meta, foi criado um algoritmo de controle no CLP, integrando esteira transportadora, sensor de presença do frasco, botão de início e lógica para fechamento da válvula ao atingir o peso-alvo. Finalmente, de posse desses objetivos/metasp cumpridos, partiu-se para a construção e teste do protótipo, avaliando a precisão do envase, tempo de operação e repetibilidade do processo. Inúmeros testes foram realizados e os resultados serviram de base para alterações de partes específicas do protótipo até que os resultados foram satisfatórios e o protótipo foi dado como finalizado. Para concluir e, em cumprindo à última meta proposta, foi realizada a documentação do projeto e dos resultados obtidos, gerando um relatório técnico para registro do projeto e artigo para disseminação.

Resultados

O projeto culminou no desenvolvimento bem-sucedido de um protótipo de máquina envasadora para amaciante de roupas, construído com foco em simplicidade, robustez e componentes nacionais acessíveis para otimizar custos e manutenção. O sistema eletromecânico compacto e de fácil operação atende às necessidades de pequenas empresas com adaptabilidade a diversos volumes de frascos. Empregando célula de carga para monitoramento de peso em tempo real integrado a um CLP que controla a abertura e o fechamento da válvula ao atingir o peso programado, resultando em alta precisão no volume envasado, redução de desperdícios e consistência entre frascos, demonstrando eficiência, confiabilidade e viabilidade para aplicações industriais de pequeno porte. Os testes confirmaram o controle preciso do peso e a estabilidade dos ciclos de enchimento, alinhando-se aos benefícios primários de aumento da velocidade de produção, melhora na precisão, redução de desperdício, maior higiene e segurança, consistência e padronização, além de potenciais resultados secundários 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.

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

Conclusão

O projeto contribui para o aumento da competitividade de pequenas indústrias, ao promover ganhos de produtividade e melhorias nos processos e na qualidade do envase. Dessa forma, possibilita a automação industrial em pequenas empresas, por meio de uma máquina de baixo custo e fácil acesso. Como resultado, foi construído e validado um protótipo de máquina envasadora para amaciante de roupas. Durante os testes, o equipamento demonstrou alta precisão no controle do enchimento, interrompendo o fluxo ao atingir o peso-alvo, com variações inferiores a 1% entre os frascos. Inicialmente, foram observadas dificuldades no controle exato do volume, em função da inércia do líquido (promovida pela pressão do tanque quando cheio) após o fechamento da válvula. Para mitigar esse problema, foi implementado um sistema de registros em série com a válvula, que permitiu a redução progressiva do fluxo e aumento da precisão no envase. O sistema de controle mostrou-se robusto e confiável, mantendo a estabilidade do processo ao longo de ciclos contínuos de operação. A máquina apresentou tempos de envase compatíveis com as necessidades de pequenas empresas, garantindo eficiência produtiva e padronização da qualidade final. Além disso, do ponto de vista econômico, o projeto atingiu seu objetivo de desenvolver uma solução de baixo custo, utilizando componentes disponíveis no mercado nacional. Isso torna possível a automação industrial em pequenos empreendimentos, sem a necessidade de grandes investimentos. Dessa forma, a máquina representa uma alternativa acessível para pequenas indústrias que buscam automatizar processos produtivos, promovendo ganhos de produtividade, padronização da qualidade e redução de perdas no processo de envase.

Referências

- DUBEY, A.; GUPTA, S.; GARG, A. A review on automation in pharmaceutical packaging. *Journal of Pharmaceutical Innovation*, v. 9, n. 1, p. 1-8, 2020.
- FRANCHI, Claiton Moro; CAMARGO, Valter Luís Arlindo de. *Controladores Lógicos Programáveis: Sistemas Discretos*. 3. ed. São Paulo: Érica, 2020.
- LAUMAS. O que é e como funciona uma célula de carga. LAUMAS, [S.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.laumas.com/pt/blog/produtos/o-que-e-e-como-funciona-uma-celula-de-carga/>. Acesso em: 26 abr. 2025.
- MULTIPACK a. Machinery Company. Filling machines revolutionizing industries, one bottle at a time. Disponível em: <https://www.multipackfillingmachine.com/articles/filling-machines-revolutionizing-industries-one-bottle-at-a-time/>. Acesso em: 27 abr. 2025.
- MULTIPACK b. Machinery Company. Detergent manufacturing with liquid filling machine. Disponível em: <https://www.multipackfillingmachine.com/articles/detergent-manufacturing-with-liquid-filling-machine/>. Acesso em: 27 abr. 2025.
- PRUDENTE, Francesco. *Automação Industrial - Pneumática: Teoria e Aplicações*. 3. ed. São Paulo: Érica, 2016.
- WECHU Machine. Filling machine. Disponível em: https://www.wechumachine.com/filling-machine.html?gad_source=1&gbraid=0AAAAASk4hmlJ4pl41HiznQ_SXwoecgt&gclid=Cj0KCQjwiLLABhCEARIsAJYS6ukXUtJgqkaWI6V3uRfzWLMoOC9VssiAc9ac743_U8wsWXDLLoS1NnMaAr7AEALw_wcB. Acesso em: 27 abr. 2025.