

DESENVOLVIMENTO DE UMA MINI-INJETORA UTILIZANDO COMPONENTES REAPROVEITADOS DE IMPRESSORAS 3D

WESLEY B. DA SILVA¹, KELVIN DOS S. TIENE², GUILHERME R. MECELIS³,
CLEITON L. F. DE ASSIS⁴

¹Graduando em Bacharelado em Engenharia Elétrica, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Câmpus Votuporanga, w.barbosa@aluno.ifsp.edu.br.

²Graduando em Bacharelado em Engenharia Elétrica, IFSP, Câmpus Votuporanga, kelvin.tiene@aluno.ifsp.edu.br

³Docente, Área Engenharia Mecânica, IFSP, Câmpus Votuporanga, fazolocla@ifsp.edu.br

⁴Docente, Área Engenharia Mecânica, IFSP, Câmpus Votuporanga, guilherme.mecelis@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): Engenharia Mecânica – 5.03.00.00-8

RESUMO: Este estudo apresenta o desenvolvimento e validação de uma mini-injetora de polímeros construída a partir do reaproveitamento de componentes de impressoras 3D obsoletas, propondo uma alternativa sustentável e de baixo custo para processos de microinjeção. A metodologia envolveu a desmontagem e adaptação da estrutura metálica, do sistema de extrusão (bloco aquecedor, cartucho e sensores) e dos componentes eletrônicos, controlados por uma plataforma Arduino. Os resultados demonstraram a viabilidade técnica do protótipo, com o sistema de acionamento por motores de passo apresentando desempenho estável após o ajuste dos parâmetros elétricos. O principal desafio identificado foi o controle térmico, uma vez que o Termistor NTC 100K apresentou limitações de calibração, inviabilizando o uso de um controlador PID e exigindo a substituição por um módulo sensor dedicado. A funcionalidade do princípio de injeção foi validada experimentalmente, confirmando a eficiência e aplicabilidade do sistema. Conclui-se que o reuso de componentes de impressoras 3D é uma estratégia tecnicamente viável e ecologicamente vantajosa, embora o controle preciso da temperatura seja determinante para a otimização do processo e aprimoramento de futuras versões do equipamento.

PALAVRAS-CHAVE: microinjecao; impressora 3d; arduino; controle termico; sustentabilidade

DEVELOPMENT OF A MINI-INJECTION MOLDING MACHINE USING REPURPOSED 3D PRINTER COMPONENTS

ABSTRACT: This study presents the development and validation of a polymer mini-injector built from repurposed obsolete 3D printer components, offering a sustainable and low-cost alternative for microinjection processes. The methodology involved the disassembly and adaptation of the metallic frame, the extrusion system (heating block, cartridge, and sensors), and the electronic components, all controlled via an Arduino platform. Results demonstrated the

technical feasibility of the prototype, with the stepper motor actuation system operating stably after proper electrical tuning. The main challenge was thermal control, since the NTC 100K thermistor showed calibration limitations that prevented precise PID control, leading to its replacement with a dedicated temperature sensor module. The injection principle was successfully validated through experimental testing, confirming the efficiency and applicability of the proposed system. It is concluded that repurposing 3D printer components is a technically feasible and environmentally beneficial strategy, though accurate temperature control remains critical for process optimization and future system improvements.

KEYWORDS: microinjection; reuse; 3d printer; arduino; thermal control; sustainability.

INTRODUÇÃO

A moldagem por injeção é amplamente utilizada no processamento de plásticos, permitindo a produção em larga escala de peças com geometrias complexas, alta precisão e repetibilidade. O processo consiste em fundir o polímero, injetá-lo sob pressão em um molde e solidificá-lo, prática que remonta ao século XIX na fabricação de itens como botões e pentes (CZEPIEL *et al.*, 2023). Entre as diferentes modalidades, a microinjeção se destaca pela demanda crescente por miniaturização e alta precisão, aliando baixo custo e curto tempo de processamento (CZEPIEL *et al.*, 2023; GIBOZ *et al.*, 2007). Considerada um dos métodos mais eficientes para a produção em larga escala de micropartes, exige reavaliação dos parâmetros de processamento e adaptação das máquinas convencionais (GIBOZ *et al.*, 2007; ZHANG *et al.*, 2022).

As máquinas de microinjeção podem operar em sistemas de uma, duas ou três etapas, diferenciados pela forma de plastificação e injeção do material. No sistema de etapa única, o parafuso de plastificação e o pistão de injeção são combinados, reduzindo dimensões e garantindo maior precisão de dosagem. No de duas etapas, essas funções são separadas, o que possibilita maior controle do fluxo fundido. Já o sistema de três etapas incorpora ainda um pistão de medição, aumentando a estabilidade e a repetibilidade da injeção (CHANG *et al.*, 2007). A incorporação de servomotores e unidades compactas aprimora a precisão da dosagem, diminui o desperdício e reduz o consumo de energia, favorecendo a adoção de máquinas elétricas ou híbridas (GIBOZ *et al.*, 2007; CHANG *et al.*, 2007).

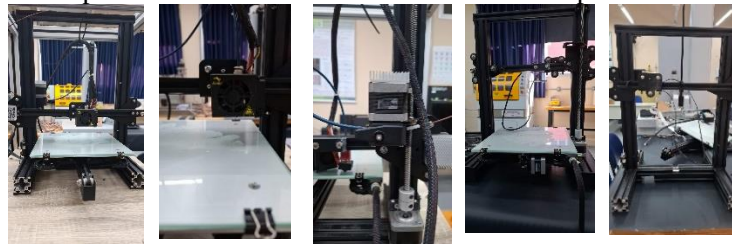
Estudos recentes também relatam o desenvolvimento de módulos de microinjeção com sistemas de válvulas, refrigeração e controle computadorizado, ampliando a precisão e a eficiência do processo (CHANG *et al.*, 2007; VIEIRA *et al.*, 2021). Nesse contexto, a correlação com impressoras 3D apresenta novas perspectivas: a extrusora pode assumir o papel da injeção e o bloco aquecedor composto por Termistor NTC 100K e cartucho, o da plastificação, estabelecendo uma equivalência com os sistemas de uma, duas ou três etapas. Nessa configuração, motores de passo e controladores asseguram precisão na dosagem e no movimento, enquanto

sensores garantem estabilidade térmica e confiabilidade do processo (ANTONELLI, 2019; WILSON *et al.*, 2021; GORMAN *et al.*, 1705).

METODOLOGIA

A partir da análise da estrutura de uma máquina injetora e da disponibilização de uma impressora 3D obsoleta, iniciou-se o processo de reaproveitamento de componentes. Foram desmontadas as partes estruturais de alumínio, incluindo a mesa aquecedora, que passou a atuar como suporte do molde destinado à injeção do material fundido, conforme destaque pela Figura 1. A extrusora da impressora 3D foi adaptada para cumprir as funções principais da injetora: o canal de plastificação, composto pelo bloco aquecedor e cartucho de resistência, ficou responsável pela fusão do polímero, enquanto a roldana e o motor de passo assumiram o papel de injetar o material fundido através do bico de extrusão, reproduzindo o funcionamento de uma máquina injetora convencional em escala reduzida, a Figura 2 destaca a estrutura de plastificação.

FIGURA 1. Reaproveitamento da estrutura metálica da impressora Creality Ender 3



Fonte: Autores.

FIGURA 2. Reaproveitamento da extrusora da impressora Kywoo3D - Tycoon Max



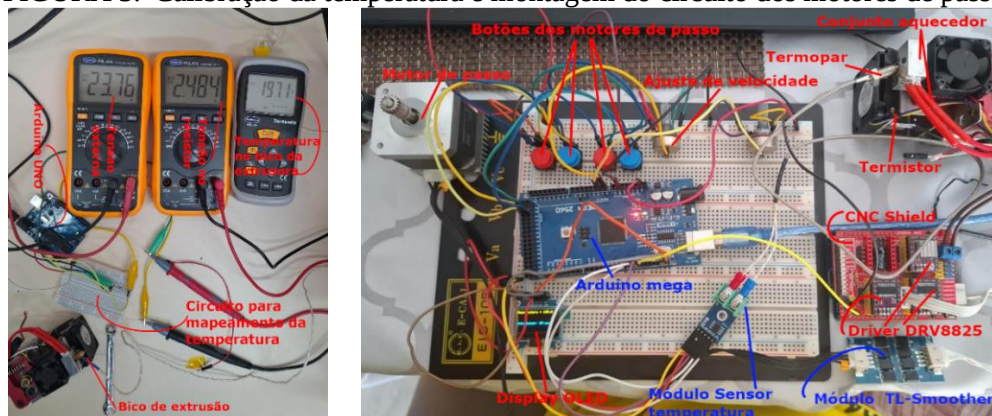
Fonte: Autores.

Os componentes removidos das impressoras foram testados utilizando um Arduino MEGA, microcontrolador voltado para prototipagem eletrônica. Inicialmente, foi analisado o processo de plastificação, empregando o bloco aquecedor composto pelo sensor Termistor NTC 100K e pelo cartucho de resistência. A Figura 3 ilustra o procedimento, destacando o uso de dois multímetros, um para medir a tensão da fonte e outro a tensão no resistor, além de um termômetro digital para medição da temperatura no bico de extrusão. O circuito, montado em protoboard, incluiu as conexões do termistor, a alimentação de 5 V proveniente do Arduino, uma resistência

de 10 k Ω e o terminal comum (GND) do microcontrolador. Com essa configuração, foi possível obter a tensão aplicada ao resistor e, a partir dela, realizar o mapeamento da temperatura, empregando bibliotecas específicas do IDE Arduino. A alimentação externa foi de 24 V, proveniente da fonte reutilizada da impressora Creality.

No controle dos motores de passo, responsáveis pela injeção do material fundido, foram utilizados dois Arduinos. Conforme mostrado na Figura 3, o Arduino MEGA atuou como controlador principal e o Arduino UNO foi conectado a um módulo CNC Shield, contendo dois drivers DRV8825. Nesse arranjo, o UNO interpretava os sinais enviados pelo MEGA, executando os comandos de liga/desliga, movimento vertical da extrusora e rotação da roldana (Figura 2). As funções foram identificadas por cores, azul para o comando liga/desliga e vermelho para o sentido de rotação. Um potenciômetro foi incorporado, permitindo ajustar a velocidade de rotação dos motores e conferindo maior precisão ao processo. O sistema recebeu ainda melhorias importantes: o módulo sensor de temperatura com termopar, que possibilitou medições mais precisas; o módulo TL-Smoother, que reduziu ruídos e vibrações no motor de passo; e o display OLED 0.96" I2C, que permitiu a visualização em tempo real da temperatura e da velocidade de injeção, facilitando o ajuste e o acompanhamento dos testes.

FIGURA 3. Calibração da temperatura e montagem do circuito dos motores de passo.



Fonte: Autores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante os testes, observou-se que o Termistor NTC 100K apresentou alta complexidade de calibração, dificultando o mapeamento preciso da temperatura via Arduino. A escassez de informações técnicas sobre o sensor gerou um gargalo no desenvolvimento do sistema, já que as leituras variavam de forma irregular a cada tentativa de estabilização térmica. Foram testados diferentes métodos de mapeamento, incluindo a construção de uma tabela Tensão $\times$ Temperatura, o uso de modelos lineares ajustados aos pontos experimentais e a avaliação da biblioteca Thermistor.h, mas os resultados se mostraram limitados. Devido à imprecisão nas leituras, não foi possível implementar um controlador PID, pois os parâmetros proporcional, integrativo e

derivativo não puderam ser definidos com exatidão. Como alternativa, utilizou-se um controlador por relé, que, embora tenha permitido o acionamento automático do aquecimento, apresentou instabilidades térmicas perceptíveis. Em faixas de temperatura entre 230 °C e 235 °C, o relé acionava e desligava em intervalos de segundos, evidenciando a dificuldade em manter uma temperatura constante no bloco aquecedor. Para contornar esse problema, foi adicionado ao sistema um módulo sensor de temperatura acoplado a um termopar, proporcionando medições mais confiáveis e estáveis. Essa substituição permitiu leituras mais precisas da temperatura no bico de extrusão, reduzindo significativamente as variações e tornando o controle térmico mais próximo do ideal para o processo de injeção.

O controle dos motores de passo não apresentou conflitos durante a operação. Após o ajuste dos drivers DRV8825 e da configuração no CNC Shield, o sistema passou a operar corretamente, com a tensão de referência calculada conforme o datasheet do componente. Com essa calibração, os motores responderam de forma estável aos comandos de velocidade e direção, apresentando movimentos suaves e precisos. O uso do módulo TL-Smoother eliminou vibrações e ruídos mecânicos, melhorando o desempenho do conjunto motor–extrusora. O display OLED 0.96” I2C mostrou-se eficiente para monitorar, em tempo real, a temperatura e a velocidade de injeção, substituindo com vantagens o LCD 16x2, que exigia mais conexões e espaço na protoboard, simplificando o manuseio e os testes.

Para validação funcional, foi realizado um teste manual, em que a roldana do motor de passo foi girada enquanto o bico de extrusão era aquecido por uma fonte externa. Observou-se o escoamento contínuo do material fundido, confirmando a alimentação adequada no Hotend (Dissipador, sensor de temperatura, bloco aquecedor, aquecedor, bico de extrusão) e a viabilidade funcional do protótipo como mini injetora. O experimento demonstrou que o conjunto é capaz de reproduzir em pequena escala as etapas básicas do processo de injeção de polímeros, desde o aquecimento até a extrusão do material fundido. Contudo, o molde de injeção ainda não foi elaborado, visto que a prioridade nesta etapa se concentrou no controle térmico e na validação dos sistemas de aquecimento e extrusão. Assim, a confecção de um molde adequado é proposta como trabalho futuro, a ser desenvolvida após a estabilização definitiva do controle de temperatura, garantindo maior precisão e segurança na etapa de injeção propriamente dita.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo demonstrou que a construção de uma mini-injetora a partir do reuso de componentes de impressoras 3D é um processo complexo que requer conhecimento técnico dos elementos utilizados. A temperatura mostrou-se o parâmetro central do sistema, e sua instabilidade compromete o desempenho geral do equipamento. Os resultados indicam a necessidade de um controlador PID para garantir estabilidade térmica, visto que a temperatura de

fusão dos polímeros varia conforme o material, como no caso do PLA e do ABS. Com um mapeamento térmico preciso, o projeto torna-se mais eficiente, permitindo o controle via Arduino e a correta alimentação do cartucho aquecedor para aquecimento uniforme do bloco térmico. Os demais parâmetros, como velocidade de injeção, não apresentaram dificuldades relevantes, sendo o funcionamento estável após o ajuste e acoplamento dos componentes. A reutilização de estruturas e sistemas de impressoras 3D mostrou-se tecnicamente viável, economicamente vantajosa e ambientalmente sustentável, reduzindo custos e favorecendo a economia circular na manufatura aditiva e transformação de polímeros. Conclui-se que o controle preciso da temperatura é determinante para a eficiência do sistema, e o estudo abre espaço para novas pesquisas voltadas à otimização de mini-injetoras e ao aprimoramento do controle térmico em pequena escala.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as empresas 3DX Filamentos Ltda e Topink3D Impressoras e Suprimentos Ltda pelo apoio a pesquisa e ao Instituto Federal de São Paulo pela bolsa de iniciação científica PIBIFSP.

REFERÊNCIAS

ANTONELLI, L. A. **Impressora 3D de baixo custo. Dissertação (B.S. thesis)** — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019

CHANG, P.-C. et al. **Development of an external-type microinjection molding module for thermoplastic polymer.** *Journal of Materials Processing Technology, Elsevier*, v. 184, n. 1-3, p. 163–172, 2007.

CZEPIEL, M.; BAŃKOSZ, M.; SOBCZAK-KUPIEC, A. **Advanced injection molding methods.** *Materials, Multidisciplinary Digital Publishing Institute*, v. 16, n. 17, p. 5802, 2023.

GORMAN, W.; HASTING, C.; PFAFF, D. **Building a 3D Printer: Motors and Controls. Tese (Doutorado)** — Worcester Polytechnic Institute, 1705.

GIBOZ, J.; COPPONNEX, T.; MÉLÉ, P. **Microinjection molding of thermoplastic polymers: a review.** *Journal of micromechanics and microengineering, IOP Publishing*, v. 17, n. 6, p. R96, 2007.

VIEIRA, A. et al. **Design of a thermoplastic micro over injection machine for the automotive component industry.** *Procedia Manufacturing, Elsevier*, v. 55, p. 56–63, 2021.

WILSON, S. et al. **Development and fabrication of fused deposition modeling 3d printer.** In: *IOPPUBLISHING. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. [S.l.], 2021. v. 1132, n. 1, p. 012019.

ZHANG, H.; LIU, H.; ZHANG, N. **A review of microinjection moulding of polymeric micro devices.** *Micromachines, MDPI*, v. 13, n. 9, p. 1530, 2022.