

DESENVOLVIMENTO DE EXTRUSORA DE BAIXO CUSTO PARA PRODUÇÃO DE FILAMENTO 3D A PARTIR DE GARRAFAS PET RECICLADAS

DEVELOPMENT OF A LOW-COST EXTRUDER FOR 3D PRINTING FILAMENT PRODUCTION FROM RECYCLED PET BOTTLES

José Sergio Medeiros Junior ^{1, i}
Lucca Brambilla Prata ^{2, ii}
Márcio Marques da Silva ^{3, iii}
Tony Emerson Marim ^{4, iv}
Vinícius Trambini ^{5, v}

RESUMO

Este artigo apresenta o desenvolvimento de um protótipo funcional capaz de transformar garrafas de polietileno tereftalato (PET) descartadas em filamento para impressoras 3D, utilizando tecnologias acessíveis e de baixo custo. O projeto visa promover a sustentabilidade, a educação técnica e o engajamento comunitário por meio da manufatura aditiva. A estrutura do sistema é baseada em um microcontrolador Arduino UNO, que realiza o controle da temperatura do *hotend*, a tração do filamento e a interação com o usuário por meio de um *display* de cristal líquido (LCD) e painel de controle impresso em 3D. Os testes preliminares mostraram resultados promissores quanto à estabilidade térmica e regularidade do filamento extrudado, com diâmetro próximo a 1,75 mm, compatível com impressoras 3D comerciais. A proposta alia inovação tecnológica e reaproveitamento de resíduos plásticos, contribuindo para a redução da poluição ambiental causada pelo descarte inadequado de garrafas PET. Ainda em fase de ajustes, o projeto apresenta forte potencial para aplicação educacional e expansão futura.

Palavras-chave: manufatura aditiva; reciclagem de PET; filamento para impressora 3D.

ABSTRACT

This article presents the development of a functional prototype capable of transforming discarded PET bottles into filament for 3D printers, using low-cost and accessible technologies. The project aims to promote sustainability, technical education, and community engagement through additive manufacturing. The system architecture is based on an Arduino UNO microcontroller, responsible for controlling the hotend temperature, filament traction, and user interface via an LCD display and a 3D-printed control panel. Preliminary tests showed promising results regarding thermal stability and the consistency of the extruded filament, with a diameter close to 1.75 mm,

¹ Mestre em Engenharia da Produção pela Universidade de Araraquara e Professor da Faculdade de Tecnologia SENAI Antonio Adolpho Lobbe. E-mail: jose.sjunior@sp.senai.br

² Graduando em Mecatrônica Industrial pela Faculdade de Tecnologia SENAI Antonio Adolpho Lobbe. E-mail: lucaprata01@gmail.com

³ Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo - USP e Professor da Faculdade de Tecnologia SENAI Antonio Adolpho Lobbe. E-mail: marcio.msilva@sp.senai.br

⁴ Mestre em Engenharia Mecânica e Professor da Faculdade de Tecnologia SENAI Antonio Adolpho Lobbe. E-mail: tony.marin@sp.senai.br

⁵ Graduando em Mecatrônica Industrial pela Faculdade de Tecnologia SENAI Antonio Adolpho Lobbe. E-mail: vinciustrambini@outlook.com

suitable for commercial 3D printers. The initiative combines technological innovation and plastic waste reuse, contributing to the reduction of environmental pollution caused by the improper disposal of PET bottles. Although still undergoing optimization, the project demonstrates strong potential for educational application and future scalability.

Keywords: additive manufacturing; pet recycling; 3d printing filament.

1 INTRODUÇÃO

A expansão notável da impressão 3D tem aumentado o interesse por filamentos que sejam tanto acessíveis quanto ecologicamente corretos. Paralelamente, o descarte incorreto de garrafas plásticas, sobretudo as feitas de PET, configura um dos maiores problemas ambientais da atualidade, devido à sua decomposição demorada – calcula-se que leve até 450 anos (Parker, 2019). Apesar de o PET ser um material com grande potencial de reciclagem, somente uma pequena parte do que é produzido acaba sendo reaproveitada (Meraj *et al.*, 2024), o que agrava a poluição em aterros e oceanos.

Em vista disso, este projeto apresenta a criação de um protótipo que consegue transformar garrafas PET usadas em filamento para impressoras 3D. Com o uso de tecnologias simples, como peças impressas em 3D, microcontroladores Arduino e materiais reciclados, o sistema foi montado e testado com bons resultados, mostrando que é possível produzir filamentos com cerca de 1,75 mm de diâmetro, adequados para impressoras comuns.

Ao unir inovação tecnológica, educação e sustentabilidade, esta iniciativa representa um avanço importante para tornar a manufatura aditiva mais acessível e para diminuir os danos ambientais causados pelo lixo plástico.

1.1 Problema de pesquisa

Como transformar garrafas PET descartadas em filamento funcional para impressão 3D utilizando tecnologias acessíveis e de baixo custo, promovendo ao mesmo tempo o aprendizado técnico e a conscientização ambiental entre alunos e a comunidade?

1.2 Objetivo(s)

Desenvolver e validar um protótipo funcional de máquina capaz de transformar garrafas PET em filamento para impressora 3D, utilizando tecnologias acessíveis e reaproveitamento de materiais, com foco em sustentabilidade, educação técnica e engajamento comunitário.

1.3 Justificativa

A crescente demanda por filamentos usados na impressão 3D e a premente busca por alternativas ecológicas para reciclar o lixo plástico, torna relevante criar tecnologias que combinem progresso e cuidado com o meio ambiente.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A Manufatura Aditiva, também conhecida como impressão 3D, se estabeleceu como uma tecnologia transformadora, possibilitando a criação de objetos tridimensionais por meio de uma técnica de camadas, empregando materiais como polímeros, cerâmicas

e compósitos. Suas principais vantagens englobam a produção de formatos complexos, versatilidade no design, diminuição de custos e tempo de entrega (Hrabovsky *et al.*, s.d.). No âmbito industrial, a impressão 3D é utilizada desde a criação de protótipos até a produção final, com ênfase em tecnologias como a Modelagem por Fusão e materiais como o ácido láctico (PLA) (Baran, 2019).

Na área médica, a impressão 3D tem evoluído rapidamente, sendo empregada na fabricação de medicamentos e dispositivos personalizados, com estudos abordando desde a prototipagem até os requisitos técnicos e econômicos (Anna Aimar, 2019). No setor aeroespacial, a tecnologia é vista como um divisor de águas, embora ainda enfrente desafios estruturais e logísticos (Boon, 2017).

Na construção civil, a impressão 3D demonstra potencial para revolucionar o setor com mais sustentabilidade e eficiência, mas enfrenta barreiras como a adaptação de sistemas robóticos, adequação de materiais e baixa taxa de adesão (Sivasankaran e Radjaram, 2020).

A inovação na produção de filamentos a partir de garrafas PET recicladas se destaca como um progresso sustentável, com benefícios como a diminuição da poluição, economia de até 90% nos custos e produção de filamentos compatíveis com impressoras 3D, apresentando boas propriedades mecânicas (Meraj *et al.*, 2024).

O panorama atual da impressão 3D indica um crescimento contínuo e diversificado, cada vez mais em consonância com princípios de sustentabilidade, eficiência e inovação.

3 METODOLOGIA

Para garantir a precisão, a segurança e a eficiência na extrusão do filamento a partir de garrafas PET, a automação e o controle do sistema foram essenciais. A estrutura de controle teve como base o microcontrolador Arduino UNO, escolhido por ser simples de usar, de baixo custo e ter boa compatibilidade com sensores e atuadores. O Arduino ficou responsável por ler a temperatura do sistema de aquecimento, controlar o motor de passo que traciona o filamento e se comunicar com o usuário por um *display*.

O sistema de aquecimento usou um *hotend* de impressora 3D, com um elemento resistivo de 40 W e um termistor NTC 100k, que acompanhava a temperatura do bico extrusor em tempo real. Os dados do termistor são enviados ao Arduino, que controla o acionamento do aquecedor por um driver MOSFET. Para ajustes manuais da temperatura, um potenciômetro foi ligado ao Arduino, permitindo que o operador escolhesse a faixa térmica ideal. Todas as informações da temperatura atual eram mostradas em um *display* LCD 16x2, dando mais controle e segurança na operação. A tração do filamento extrudado foi feita por um motor de passo NEMA 17, controlado com precisão por um driver A4988. O Arduino enviava pulsos ao driver para ajustar a velocidade e a direção do movimento, puxando o filamento de forma contínua e uniforme. Esse controle trabalha de forma sincronizada com o aquecimento, para que a tração ocorresse só quando o PET estivesse bem derretido, evitando problemas.

Para facilitar o uso do sistema, criou-se um painel de controle impresso em 3D, com os principais elementos de interação com o usuário. O painel tem chaves para ligar o sistema e ativar o *hotend*, um botão para ligar e desligar o aquecimento e dois LEDs: um para indicar que o sistema térmico está ligado e outro para mostrar que o *hotend* está aquecendo. O *display* LCD mostra a temperatura em tempo real, permitindo acompanhar visualmente toda a extrusão.

Depois de montar todo o sistema, foram realizados testes para confirmar o

funcionamento da automação. Esses testes verificaram a estabilidade térmica do *hotend*, a resposta do controle proporcional no Arduino, a regularidade da tração do filamento e a funcionalidade dos componentes de interação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o trabalho em andamento, serão apresentados os resultados parciais do projeto. Com a realização da fabricação e montagem dos componentes eletrônicos, é possível coletar alguns resultados a respeito do funcionamento da extrusora de filamentos. A primeira análise o *hotend* da extrusora deve corresponder ao valor de aproximadamente 270°C, esse valor segue a referência de temperaturas indicadas para filamentos de Polietileno Tereftalato Glicol (PETG), conforme Tabela 1.

Tabela 1: Tabela de referência utilizado para valores de temperatura.

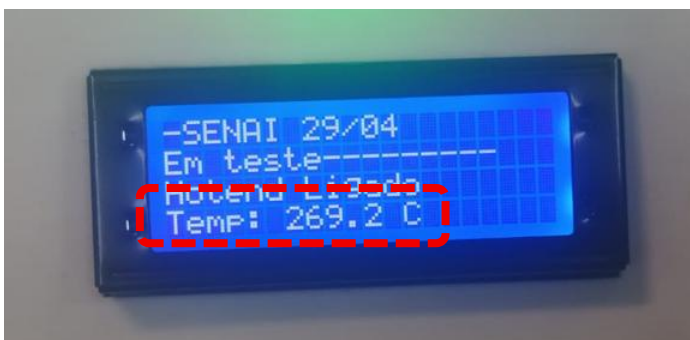
Propriedades dos materiais - 3D LAB				
Propriedades	PLA	ABS Premium	PETG	Nylon
Densidade	1,24 [g/cm ³]	1,04 [g/cm ³]	1,27 [g/cm ³]	1,02 [g/cm ³]
Temp. Fusão	165 - 180 [°C]	-	-	178 [°C]
Temp. Extrusor	185 - 220 [°C]	210 - 240 [°C]	235 - 270 [°C]	138 [°C]
Revisão térmica VICAT	55 [°C]	99 [°C]	80 [°C]	138 [°C]
Tensão de escoamento	66 [Mpa]	38 [Mpa]	50 [Mpa]	45 [Mpa]
Tensão de ruptura	-	-	28 [Mpa]	67,5 [Mpa]
Resistência a flexão	130 [Mpa]	68 [Mpa]	72 [Mpa]	-
Módulo de elasticidade	4350 [Mpa]	2350 [Mpa]	2100 [Mpa]	1400 [Mpa]
Impacto Izod	40 J/m ²	294 J/m ²	101 J/m ²	7000 J/m ²

Valor de referência

Fonte: 3D Lab, editado pelos autores (2025).

Dessa forma, o valor indicado no *display* LCD, conforme demonstrado na Figura 1, está em conformidade com a Tabela 1.

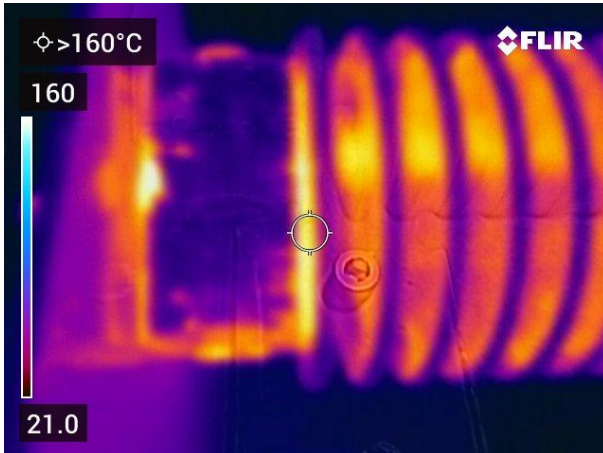
Figura 1: Sinais em estado puro dos rolamentos.



Fonte: autores (2025).

Com o uso de uma câmera térmica, foi possível constatar a temperatura real do aquecimento, chegando em valores superiores a 160°C. A Figura 2 demonstra a leitura da temperatura máxima atingida pelo *hotend*.

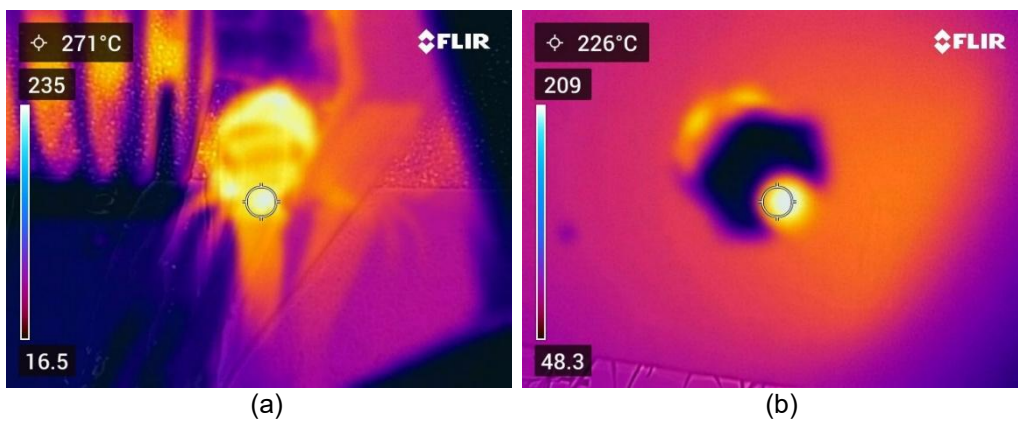
Figura 2: Análise de temperatura pela câmera térmica.



Fonte: autores (2025).

Alguns ajustes foram realizados no equipamento, e dessa forma uma nova análise com a câmera térmica foi realizada. Os novos valores atingidos ficaram próximos a 226 °C medidos diretamente do bico da extrusora. Isso demonstra um valor mais próximo e necessário para a fusão do material reciclado. Na Figura 3 é possível observar a nova leitura da temperatura, comprovando os resultados esperados até o momento.

Figura 3: Análise de temperatura pela câmera térmica após os ajustes realizados, (a) temperatura do corpo da extrusora (b) temperatura no bico da extrusora.



Fonte: autores (2025).

5 CONCLUSÃO

Os resultados apresentados do projeto se mostraram promissores. O objetivo da construção da extrusora para reaproveitamento de garrafas PET, deve cumprir ainda algumas etapas para a finalização.

Até o momento os resultados obtidos demonstraram um acréscimo considerável voltado à evolução das tarefas eletroeletrônicas e mecatrônicas do projeto.

A finalização do projeto completo, deve ser contemplado em publicação por meios específicos, gerando assim uma referência importante para os campos de estudos futuros.

REFERÊNCIAS

AIMAR, A.; PALERMO, A.; INNOCENTI, B. The Role of 3D Printing in Medical Applications: A State of the Art. **Journal of Healthcare Engineering**, v. 2019, n. 5340616, p. 1–10, 21 mar. 2019. DOI: [10.1155/2019/5340616](https://doi.org/10.1155/2019/5340616). Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31019667/>. Acesso em: 07/08/2025.

BARAN, E. H.; ERBIL, H. Surface Modification of 3D Printed PLA Objects by Fused Deposition Modeling: A Review. **Colloids and Interfaces**, v. 3, n. 2, p. 43, 29 mar. 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/colloids3020043>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2504-5377/3/2/43>. Acesso em: 30/07/2025.

BOON, W.; VAN WEE, B. Influence of 3D printing on transport: a theory and experts judgment based conceptual model. **Transport Reviews**, v. 38, n. 5, p. 556–575, 31 ago. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/01441647.2017.1370036>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01441647.2017.1370036>. Acesso em 30/07/2025.

HRABOVSKY, P.; MOLNÁR J.; VOLOCH M.; KRAVETS O. Design and Realization of a Device for the Production of Plastic Filament for 3D FDM Printer. **2020 IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP)**, p. 1–5, 21 set. 2020. DOI: [10.1109/PAEP49887.2020.9240896](https://doi.org/10.1109/PAEP49887.2020.9240896). Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9240896>. Acesso em 07/08/2025.

MERAJ M.; CHOO L. H.; KU X. P.; AUNG P. P. Design and Development of an Automated PET Plastic Bottle 3D Printer Filament Making Machine. **Journal of Physics Conference Series**, v. 2923, n. 1, p. 012005–012005, 1 dez. 2024. DOI: [10.1088/1742-6596/2923/1/012005](https://doi.org/10.1088/1742-6596/2923/1/012005). Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/387259697_Design_and_Development_of_an_Automated_PET_Plastic_Bottle_3D_Printer_Filament_Making_Machine. Acesso em: 07/08/2025.

PARKER, L. **How the plastic bottle went from miracle container to hated garbage**. 23 de ago. 2019. Disponível em: <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/plastic-bottles>.

PORTELA, S. **Filamento Nylon: como imprimir com esse material especial!** [online]. 3D Lab, 10 jan. 2020. Disponível em: <https://3dlab.com.br/tag/filamentos/?srsId=AfmBOooZFdpahCRM-hK99QDTzRNNsodgzdZoRRUChzOQO0XFMOZ3IErS>. Acesso em: 07/08/2025.

SIVASANKARAN, P.; RADJARAM, B. 3D Printing and Its Importance in Engineering - A Review. **2020 International Conference on System, Computation, Automation and Networking (ICSCAN)**, 3 jul. 2020. DOI: [10.1109/ICSCAN49426.2020.9262378](https://doi.org/10.1109/ICSCAN49426.2020.9262378). Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9262378>. Acesso em: 05/08/2025.

SOBRE O(S)AUTOR(ES)

i JOSÉ SÉRGIO MEDEIROS JUNIOR



Mestre em Engenharia da Produção pela UNIARA. Pós-Graduação em Indústria 4.0. Graduado em Engenharia Elétrica com ênfase em Eletrônica pela UNIP de Ribeirão Preto (2001). Atualmente é Professor na Faculdade de Tecnologia SENAI Antonio Adolpho Lobbe e Engenheiro de Projetos na Tempustec Tecnologia. CV: <http://lattes.cnpq.br/5556395715782877> Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6204-0153>

ii LUCCA BRAMBILLA PRATA



Atualmente cursa o Tecnólogo em Mecatrônica Industrial pela faculdade de tecnologia SENAI Antonio Adolpho Lobbe. CV: <http://lattes.cnpq.br/5256109572364571> Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-8969-9309>

iii MÁRCIO MARQUES DA SILVA



Doutor em Engenharia mecânica pela EESC_USP. Atualmente ocupa o cargo de Professor de Ensino Superior na Faculdade de Tecnologia SENAI Antonio Adolpho Lobbe. CV: <http://lattes.cnpq.br/6142763973738888> Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3076-9836>

iv TONY EMERSON MARIM



Possui graduação em Automação Industrial pela Universidade Paulista (UNIP) e Licenciatura plena em Pedagogia pela UFSCar – Universidade Federal de São Carlos, além de mestrado em Engenharia pela UFSCar – Universidade Federal de São Carlos. Atualmente, ocupa o cargo de Professor de Ensino Superior na Faculdade de Tecnologia do SENAI Antonio Adolpho Lobbe. CV: <https://lattes.cnpq.br/2215850363897403> Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-8802-239X>

v VINÍCIUS TRAMBINI



Atualmente cursa o Tecnólogo em Mecatrônica Industrial pela faculdade de tecnologia SENAI Antonio Adolpho Lobbe. Bolsista do Programa de Estudos aos ex-alunos SESI. CV: <http://lattes.cnpq.br/2434158592293991> Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-9615-2358>