

# PROJETO E CONSTRUÇÃO DE EQUIPAMENTO PARA FABRICAÇÃO DE FILAMENTO RECICLADO PARA IMPRESSORAS 3D A PARTIR DE GARRAFAS PET

## DESIGN AND CONSTRUCTION OF EQUIPMENT FOR MANUFACTURING RECYCLED FILAMENT FOR 3D PRINTERS FROM PET BOTTLES

Rogério da Silva<sup>1, i</sup>  
Júlia Maria Furtado Leite <sup>2, ii</sup>  
Rafaela Medeiros de Moraes Linares<sup>3, iii</sup>  
Mariana Moura Arruda<sup>4, iv</sup>  
Jorge Antonio Giles Ferrer<sup>5, v</sup>

### RESUMO

Neste artigo, será apresentado um equipamento que está em desenvolvimento para transformar garrafas PET descartadas em filamentos que serão utilizados em impressoras de manufatura aditiva (3D). O intuito é reduzir drasticamente a aquisição de filamentos industrializados visando assim suprir instituições de ensino bem como a população em geral que tem seus recursos financeiros limitados.

**Palavras-chave:** manufatura aditiva; garrafas pet; reciclagem; filamentos 3D.

### ABSTRACT

In this article, we will present equipment that is under development to transform discarded pet bottles into filaments that will be used in additive manufacturing (3D) printers. The intention is to drastically reduce the acquisition of industrialized filaments, thus supplying educational institutions as well as the population in general, which has limited financial resources

**Keywords:** additive manufacturing; PET bottles; recycling; 3D filaments

---

<sup>1</sup> Tecnólogo em Mecatrônica Industrial, graduando em Engenharia de Controle e Automação na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. E-mail: [rogersilva.rrs@gmail.com](mailto:rogersilva.rrs@gmail.com)

<sup>2</sup> Técnica em Desenvolvimento de Sistemas concluída na Escola SENAI Armando de Arruda Pereira (2024), graduanda em Engenharia de Controle e Automação na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. E-mail: [juliafurtadocontato@gmail.com](mailto:juliafurtadocontato@gmail.com)

<sup>3</sup> Graduanda em Engenharia de Controle e Automação na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. E-mail: [Linares.rafaela2806@gmail.com](mailto:Linares.rafaela2806@gmail.com)

<sup>4</sup> Técnica em Mecatrônica, graduanda em Engenharia de Controle e Automação na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica, cursando ADS on line na Faculdade UNIBF. E-mail: [mariana7.arruda@gmail.com](mailto:mariana7.arruda@gmail.com)

<sup>5</sup> Docente e Dr. em Engenharia Mecânica da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. E-mail: [jorge.ferrer@sp.senai.br](mailto:jorge.ferrer@sp.senai.br)

## 1 INTRODUÇÃO

O uso da manufatura aditiva já é uma realidade e é primordial que esta tecnologia atinja as instituições de ensino que tenham limitações financeiras para que faça parte do dia a dia nos projetos educacionais, sendo assim, foi pensado em produzir sua principal matéria prima, que é o filamento, através da transformação de garrafas PET neste produto. Além disso, a reutilização de PET em filamentos tem sido apontada como uma alternativa sustentável e economicamente viável para ampliar o acesso à impressão 3D (Ror et al., 2023).

### 1.1 Problema de pesquisa

A grande quantidade de garrafas PET descartadas na natureza, foi o elemento motivador de idealizar um equipamento que transforme este material em um produto que possa servir como matéria prima para migrar dos projetos virtuais para peças reais, através da tecnologia em impressão 3D.

### 1.2 Objetivo(s)

O presente trabalho tem como objetivo desenvolver e construir um equipamento capaz de transformar garrafas PET descartadas em filamentos reciclados para impressoras 3D. Segundo Chopade et al. (2025), esse tipo de iniciativas contribui para a sustentabilidade ambiental, ao mesmo tempo em que reduzem o custo com insumos e ampliam o acesso à manufatura aditiva em instituições de ensino com recursos limitados. Além disso, pretende-se avaliar a viabilidade técnica e econômica do processo, analisando a qualidade e as propriedades mecânicas dos filamentos produzidos em comparação aos comercializados industrialmente, de modo a oferecer alternativas sustentáveis que estejam em sintonia com os princípios da economia circular.

### 1.3 Justificativa

Instituições de ensino que atendem as comunidades de baixa renda, não dispõem de condições para fazer com que a criatividade dos alunos se materialize. Desta forma, pensou-se numa alternativa de aproveitar garrafas PET que são descartadas após uso, para preencher esta lacuna.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

A manufatura aditiva, popularmente conhecida como impressão 3D, consolidou-se como uma das tecnologias centrais da Indústria 4.0, principalmente por possibilitar a fabricação de peças por meio da deposição sucessiva de camadas de material, a partir de modelos digitais criados em softwares CAD (Chia, 2015). Entre os insumos mais utilizados nesse processo estão os filamentos termoplásticos, frequentemente produzidos a partir de polímeros virgens, como PLA e ABS. No entanto, o elevado custo desses materiais, aliado aos impactos ambientais de sua produção, tem motivado a busca por alternativas mais sustentáveis (Kyriakidis, 2024).

Nesse contexto, a reutilização de garrafas descartadas de politereftalato de etileno (PET) para a produção de filamentos surge como uma solução viável e ambientalmente benéfica. Estudos recentes indicam que o PET reciclado (rPET) pode gerar filamentos com boas propriedades mecânicas para impressão 3D, apresentando módulo de tração acima de 1900 MPa e desempenho comparável ao PET virgem (Ror et al., 2023). Além de atender aos requisitos técnicos, o uso de rPET contribui para a redução de resíduos plásticos, promovendo práticas de economia circular e minimizando impactos ambientais (Chopade et al., 2025).

Sob a perspectiva educacional, a utilização de filamentos reciclados também representa uma oportunidade de ampliar o acesso à manufatura aditiva, especialmente em instituições de ensino com restrições orçamentárias. A redução dos custos dos insumos possibilita a realização de mais projetos práticos, estimulando a criatividade dos estudantes e fortalecendo a integração entre teoria e prática (Flores et al., 2024).

Apesar dos avanços, alguns desafios ainda precisam ser superados. Entre eles, destacam-se o controle rigoroso do processo de extrusão para garantir a uniformidade do diâmetro do filamento, a possível perda de desempenho mecânico após múltiplos ciclos de reciclagem e as limitações relacionadas à estabilidade térmica durante a impressão (Nguyen et al., 2024). Por isso, pesquisas atuais têm se concentrado na otimização dos parâmetros de fabricação e no desenvolvimento de composições com aditivos que aumentem a resistência ao impacto e prolonguem a durabilidade do material (Toth, 2024).

Diante desse cenário, a literatura evidencia que a produção de filamentos a partir de PET reciclado combina sustentabilidade, viabilidade técnica e acessibilidade econômica. Esses fatores reforçam a importância do desenvolvimento de equipamentos de baixo custo capazes de transformar resíduos plásticos em insumos para impressão 3D, unindo inovação tecnológica à preservação ambiental (Mercado Colmenero et al., 2025).

### **3 METODOLOGIA**

Baseando-se nas características mecânicas do material da garrafa PET, no que diz respeito a sua resistência a tração, ponto de fusão dentre outros chegou-se à conclusão de que sua utilização para a produção de filamentos apresentará ótimos resultados. Sendo assim, foi elaborado um projeto no software Inventor da Autodesk, o qual foi utilizado para a criação de todos os componentes, foram realizadas as devidas montagens e algumas simulações cinemáticas e mecânicas, onde foram obtidos bons resultados. A etapa seguinte foi a construção destes componentes em impressora 3D, exceto o bico extrusor de cobre também projetado pela equipe. Todos os equipamentos foram montados em uma plataforma monobloco, onde foram ajustados e colocados em funcionamento para avaliação de alinhamento e cinemática real. Os resultados preliminares estão sendo avaliados, em prol de realizar os ajustes necessários para a conclusão final do equipamento, haja visto que ele está em desenvolvimento, analisando o monitoramento da temperatura de extrusão e dimensões do filamento extrudado. Estudos anteriores relatam a importância de controlar cuidadosamente os parâmetros de extrusão e montagem para assegurar a uniformidade do filamento e a eficiência do processo (Kyriakidis, 2024).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nos ensaios preliminares realizados com o equipamento, confirmamos que é viável a fabricação de filamentos com material reciclado, não obstante, o equipamento no seu atual estado deve ser aperfeiçoado. Testes da programação mostraram ser viável elaborar um código simples e sem muitas variáveis, devido a que o sistema de motorização não tem movimentação complexa, é de baixo custo e fácil aquisição. Verificamos que para conseguir extrudar o filamento, o bico extrusor deve ter aproximadamente 220°C gerando um diâmetro de 1,75mm em média, onde seu volume é de 2,4mm<sup>3</sup> por unidade de comprimento. Para atingir esses parâmetros, foi determinado que a fita deve ter 12mm de largura, para uma espessura média de 0,2mm atendendo assim o volume final desejado. Para permitir uma análise estatística, serão ensaiadas amostras de diferentes fabricantes de garrafas PET, avaliando inclusive se a cor do material pode influenciar nas características do filamento como resistência e fluidez. Para um perfeito funcionamento do sistema mecânico e o controle das variáveis de entrada, será elaborada a função de transferência do sistema para que a saída esteja dentro dos parâmetros pré-estabelecidos.

## 5 CONCLUSÃO

O projeto mostrou que é totalmente viável tanto técnica como economicamente, atingindo também ações sustentáveis e sua implementação permitirá que projetos educacionais sejam colocados em prática se materializando através da manufatura aditiva com custos operacionais baixos adequados à realidade das instituições educativas.

## REFERÊNCIAS

- CHIA, Hendrik N.; WU, Benjamin M. Recent advances in 3D printing of biomaterials. **Journal of Biological Engineering**, Londres, v. 9, n. 4, 2015. DOI: 10.1186/s13036-015-0001-4. Disponível em: <https://jbioleng.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13036-015-0001-4>. Acesso em: 21 ago. 2025.
- CHOPADE, Sachin. et al. Conversion of waste PET bottles into 3D printing filament: a sustainable approach. **Journal of Neonatal Surgery**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 1-7, 2025. Disponível em: <https://www.jneonatsurg.com/index.php/jns/article/view/7253>. Acesso em: 21 ago. 2025.
- FLORES, João Daniel da Silva. et al. Sustainable polymer reclamation: recycling PETG sheets used in face shields for FFF filaments. **Journal of Materials Science: Materials in Society**, [s. l.], v. 15, n. 2, p. 1-14, 2024. DOI: 10.1186/s40712-024-00163-x. Disponível em: <https://jmsg.springeropen.com/articles/10.1186/s40712-024-00163-x>. Acesso em: 21 ago. 2025.
- KYRIAKIDIS, Ioannis Fotios. Mechanical performance of recycled 3D printed polymer composites: a review. **Journal of Composites Science**, Basel, v. 8, n. 6, p. 215, 2024. DOI: 10.3390/jcs8060215. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2504->

477X/8/6/215. Acesso em: 18 ago. 2025.

COLMENERO, Javier Mercado. et al. Using numerical-experimental analysis to evaluate rPET mechanical behavior under compressive stresses and FFF additive manufacturing for new sustainable designs. **Rapid Prototyping Journal**, [S. l.], v. 29, n. 11, p. 98-116, 2023. DOI: 10.48550/arXiv.2508.02728. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2508.02728>. Acesso em: 17 ago. 2025

NGUYEN, Phuc Quoc Khanh. et al. Influences of printing parameters on mechanical properties of rPET and rPETG printed parts fabricated by FGF. **Composites Part B: Engineering**, [s. l.], v. 280, p. 110954, 2024. DOI: 10.1016/j.compositesb.2024.110954. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142941824000679>. Acesso em: 17 ago. 2025.

ROR, Chandra Kiran. et al. Development and characterization of sustainable 3D-printing filament from PET waste. **Journal of Polymer Research**, Dordrecht, v. 30, n. 342, 2023. DOI: 10.1007/s10965-023-03742-2. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10965-023-03742-2>. Acesso em: 15 ago. 2025.

TOTH, Laszlo. Progress in 3D printing of recycled PET for FFF technology. **Additive Manufacturing Letters**, Amsterdã, v. 6, p. 100204, 2024. DOI: 10.1016/j.addlet.2024.100204. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589234724000939>. Acesso em: 15 ago. 2025.

## AGRADECIMENTOS

Este projeto se deu devido a oportunidade que a Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica nos concedeu para que pudéssemos aplicar e desenvolver nossos conhecimentos adquiridos no decorrer das aulas do primeiro ano no curso de Engenharia de Controle e Automação. Em especial ao Dr. Jorge Antonio Giles Ferrer que, com sua experiência, conduziu e nos orientou com muita determinação e paciência.

## SOBRE O(S)AUTOR(ES)

### Sobre os autores:

---

#### i Rogério da Silva



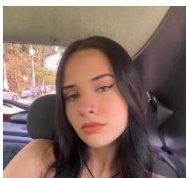
Técnico em Mecatrônica pela escola Senai Armando de Arruda Pereira (2021), graduado em Tecnologia Mecatrônica Industrial pela Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica (2024), graduando em Engenharia de Controle e Automação (2025) na mesma instituição. Atua a mais de 30 anos na área de engenharia na fabricação de ferramentas em metal duro para deformação a frio, corte, dobra, repuxo, abrasão e afins, é responsável pelo setor de Engenharia na empresa Conformar Indústria e Comércio LTDA, onde é um dos Sócios, atuando também na área de vendas, desenvolvimento de ferramentas especiais, pós-vendas e assistência técnica.  
CV: <http://lattes.cnpq.br/0971498140437401>

#### ii Júlia Maria Furtado Leite



Graduanda em Engenharia de Controle e Automação na formação (2025), técnica em Desenvolvimento de Sistemas concluída na Escola SENAI Armando de Arruda Pereira (2024). Exerce trabalho na área de Desenvolvimento em (TI), com participação em projetos full stack, envolvendo backend e frontend, utilizando tecnologias como React Native, Node.js, Next.js, JavaScript e bibliotecas de UI/UX e Arduino. Também são realizadas atividades na planta industrial do Open Lab do SENAI Mecatrônica, em São Caetano do Sul, com o desenvolvimento de programas para controladores lógicos programáveis (CLP) em robôs Yaskawa e KUKA.  
CV: <http://lattes.cnpq.br/5280179826044723>

#### iii Rafaela Medeiros de Moraes Linares



Graduanda em Engenharia de Controle e Automação (2025) pela Faculdade de Tecnologia SENAI, possui cursos de Python e Excel avançado, com foco em automação de processos, análise de dados e desenvolvimento de soluções. Ao longo da graduação, vem adquirindo conhecimentos em instrumentação, controle de processos, programação e sistemas de automação. Desenvolveu também habilidades como trabalho em equipe, organização, proatividade e raciocínio lógico.  
CV: <https://lattes.cnpq.br/4389748168023531>

**iv Mariana Moura Arruda**

Técnica em Mecatrônica pelo SENAI-SP (Unidade São Caetano do Sul), com formação prática e teórica em sistemas eletromecânicos, automação industrial e manutenção de equipamentos. Atualmente, cursando Engenharia de Controle e Automação e Análise e Desenvolvimento de Sistemas, com foco em integração entre hardware e software, desenvolvimento de soluções automatizadas e aplicação de tecnologias da Indústria 4.0. Possui interesse em áreas como robótica, sistemas embarcados, programação de CLPs, IoT e desenvolvimento de sistemas inteligentes. Busca constante atualização profissional e desenvolvimento de competências multidisciplinares voltadas à inovação tecnológica.

CV: <https://lattes.cnpq.br/5406055684973459>

**v Jorge Antonio Giles Ferrer**

Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Mestre em Engenharia Mecânica pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP. Engenheiro Mecânico pela Pontificia Universidad Católica del Perú. Possui Licenciatura plena em pedagogia para educação profissional em ensino médio, pela Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP. Atualmente é Professor Adjunto da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica em São Caetano do Sul SP, onde ministra disciplinas no Curso de Engenharia de Controle e Automação, no Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica e na pós-graduação na área de Gestão de Projetos e Produção (Lean Manufacturing e Virtualização de Sistemas Produtivos). É membro do Banco de Avaliadores do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior do Ministério de Educação do Brasil - MEC e Avaliador do Projeto de Formação Profissional Dual em Mecatrônica da Câmara de Comércio e Indústria Brasil-Alemanha.

CV: <http://lattes.cnpq.br/2875141797403961>