



## DESENVOLVIMENTO DE MÁQUINA DE REAPROVEITAMENTO DE GARRAFAS PET PARA PRODUÇÃO DE FILAMENTO SUSTENTÁVEL E DE BAIXO CUSTO PARA IMPRESSÃO 3D

Ernany S. Oliveira<sup>1</sup>, Vinícios R. S. S. Carlos<sup>2</sup>, Anne K. Caetano<sup>1</sup>, Renata I. S. Pereira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Alagoas – Campus Arapiraca (IFAL)  
CEP: 57.317-291 – Arapiraca – AL – Brazil

<sup>2</sup>Escola de Engenharia – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)  
31270-901 – Belo Horizonte – MG – Brazil

esol2@aluno.ifal.edu.br, vrsscl@eng-ele.grad.ufmg.br, akcl@aluno.ifal.edu.br,  
renata.pereira@ifal.edu.br

### RESUMO

O presente projeto de pesquisa descreve o desenvolvimento e a automação de uma máquina para produção de filamento PET reciclado destinado à impressão 3D. O objetivo principal consiste em criar uma solução acessível e de baixo custo que converta garrafas PET em filamento para impressão 3D, promovendo a sustentabilidade e a educação tecnológica. A metodologia adotada envolveu a otimização do projeto eletrônico com a compactação de todo o sistema em uma única Placa de Circuito Impresso, a implementação de um algoritmo PID para controle preciso da temperatura do hotend, o acionamento de motores de passo NEMA17 por meio da biblioteca *AccelStepper* e o desenvolvimento de uma interface homem-máquina com display touchscreen utilizando a biblioteca gráfica LVGL e a ferramenta *SquareLine Studio*. Os resultados esperados incluem a obtenção de uma máquina funcional e automatizada, capaz de produzir filamento PET com qualidade adequada para impressão 3D, a validação do sistema de controle PID para estabilidade térmica e a integração bem-sucedida da interface touch para operação intuitiva. Espera-se ainda que o projeto contribua para a redução do impacto ambiental das garrafas plásticas descartadas e para a disseminação da manufatura aditiva sustentável, além de fomentar o interesse de estudantes pelas áreas de ciência, tecnologia, engenharia e matemática por meio dos kits educacionais desenvolvidos com o filamento reciclado.

Palavras-chave: Reciclagem. Sustentabilidade. Garrafas PET. Modelagem e impressão 3D.

### INTRODUÇÃO E REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com dados do relatório internacional Global Plastics Report (WWF, 2022), de dezembro de 2022, o Brasil é o quarto maior produtor de lixo plástico do mundo, precedido apenas por Estados Unidos, China e Índia. Esse relatório internacional e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei Federal 12.305/10, recomendam a erradicação da má gestão de resíduos e o desenvolvimento de uma cultura que envolva a substituição do plástico virgem por materiais reciclados, criando assim um sistema livre de poluição plástica e gerando milhões de empregos em reciclagem e na fabricação de plásticos reutilizados. O Brasil produz cerca de 11 milhões de toneladas de lixo plástico por ano, sendo que apenas 1,2% é reciclado. Um dos plásticos de maior presença no descarte urbano é o Politereftalato de Etileno (PET), um polímero termoplástico de engenharia (FERREIRA, 2020).

# IV SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

**PLANETA ÁGUA:**  
A CULTURA OCEÂNICA PARA  
ENFRENTAR AS MUDANÇAS  
CLIMÁTICAS NO MEU TERRITÓRIO



**30/03 A 02/04  
2026**



De acordo com a United Nations Environment Programme (UNEP), em todo o mundo, um milhão de garrafas plásticas são compradas a cada minuto, enquanto até cinco trilhões de sacolas plásticas são usadas em todo o mundo a cada ano. No total, metade de todo o plástico produzido é projetado para fins de uso único – usado apenas uma vez e depois jogado fora. Plásticos, incluindo microplásticos, agora são onipresentes em nosso ambiente natural. Eles estão se tornando parte do registro fóssil da Terra e um marcador do Antropoceno, nossa atual era geológica. Eles até deram seu nome a um novo habitat microbiano marinho chamado "plastisfera". No início dos anos 2000, a quantidade de resíduos plásticos que geramos aumentou mais em uma única década do que nos 40 anos anteriores. Hoje, produzimos cerca de 400 milhões de toneladas de resíduos plásticos todos os anos (UNEP, 2023).

A maioria dos itens de plástico nunca desaparece totalmente; eles apenas reduzem a pedaços cada vez menores. Estes microplásticos podem entrar no corpo humano por inalação e absorção e se acumular nos órgãos. Microplásticos foram encontrados em nossos pulmões, fígado, baço e rins. Um estudo recentemente detectou microplásticos nas placentas de bebês recém-nascidos. A extensão total do impacto disso na saúde humana ainda é desconhecida. Há, no entanto, evidências substanciais de que produtos químicos associados a plásticos, como metilmercúrio, plastificantes e retardadores de chama, podem entrar no corpo e estão ligados a problemas de saúde. Em países com sistemas precários de gerenciamento de resíduos sólidos, os resíduos plásticos podem ser encontrados entupindo esgotos e fornecendo criadouros para mosquitos e pragas e, como resultado, aumentando a transmissão de doenças transmitidas por vetores, como a malária.

Em 2022, o mundo viveu a retomada das atividades pós-pandemia da COVID-19, com diferentes dinâmicas em comparação ao ano de 2021. No setor de limpeza urbana e manejo de resíduos, a flexibilização das medidas de distanciamento e isolamento social e o fim das restrições que ainda perduravam em alguns setores, por exemplo de comércio, alimentação, educação e entretenimento, impactaram diretamente a geração e descarte dos materiais (ABRELPE, 2022).

Por outro lado, o ritmo que tem sido registrado no decorrer dos últimos anos não se mostra suficientemente rápido para enfrentar o crescimento na geração de resíduos e superar o déficit histórico que perdura em diversas frentes, principalmente na destinação final, apesar das disposições legais e demais instrumentos normativos que buscam reverter esse cenário sombrio. Nesse sentido, apesar de observarmos um avanço consistente e continuado na destinação adequada de RSU (em 2022 a destinação final em aterros sanitários alcançou 61%), lixões e aterros controlados permanecem ativos em todo o país, configurando-se como uma fonte permanente de poluição e degradação ambiental, com consideráveis impactos na saúde da população.

Por fim, pode-se concluir que os governos e a iniciativa privada estão tentando implementar medidas para reduzir o uso de plástico e utilizar materiais biodegradáveis. Porém, mudanças em larga escala exigem tempo. Neste caso, cada um de nós pode fazer a sua parte. Nesse contexto, organizações têm conciliado a reciclagem de plásticos e a tecnologia da Impressão 3D para criar soluções inovadoras, de baixo custo e sustentáveis por meio do desenvolvimento de filamentos reciclados com alta qualidade. A fabricação de filamentos para impressão 3D, ocorre por um processo conhecido como extrusão, processo a qual o material é submetido a uma temperatura e por uma força de cisalhamento, fazendo com que o plástico seja amolecido (MANRICH, 2005).

Para realizar a projeção de uma máquina geradora de filamentos é necessário seguir alguns pontos, onde Manrich (2005) ressalta que: as extrusoras devem possuir em sua composição um barril de aquecimento, um funil, uma matriz, a rosca, um motor e termoresistências. Todos esses componentes são de extrema importância para que ocorra o amolecimento do material a ser extrudado. Dentre os componentes, a rosca é a mais importante, já que esse componente é o principal responsável pelo cisalhamento e o processamento do material. Além dessa função a rosca é responsável ainda por puxar, transportar e dosar o polímero (NUNES e ZANUTO, [s. d]).

A inovação da tecnologia proposta fica evidente devido aos seus benefícios ao meio ambiente, processando resíduos plásticos, bem como para a indústria de impressão 3D, haja vista que os filamentos poderão ser produzidos com um preço mais acessível, uma vez que a matéria-prima utilizada para a fabricação serão materiais descartados.

# IV SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

**PLANETA ÁGUA:**  
A CULTURA OCEÂNICA PARA  
ENFRENTAR AS MUDANÇAS  
CLIMÁTICAS NO MEU TERRITÓRIO



30/03 A 02/04  
2026



A tecnologia em questão visa trazer um retorno econômico e ambiental à sociedade, sendo importante para que os custos de impressão 3D sejam reduzidos. A tecnologia conta ainda com uma praticidade no processo de fabricação do material, fazendo com que, inclusive cooperativas do ramo de reciclagem possam adquiri-la e produzir filamentos, gerando renda. Além disso, a transferência da inovação se torna de fácil acesso, haja vista que a máquina é confeccionada com materiais de baixo custo.

## OBJETIVOS ALCANÇADOS (até o momento)

Seguindo o cronograma proposto, foram realizadas reuniões periódicas de planejamento e acompanhamento das atividades com a equipe, garantindo o alinhamento contínuo do projeto. A revisão bibliográfica foi atualizada com a inclusão de materiais voltados à automação de extrusoras, interfaces homem-máquina (IHM) e sistemas embarcados, com bibliografias que fundamentam o uso de dispositivos facilitadores para o controle de maquinários, embasando tecnicamente as decisões do projeto.

Foi concluída a otimização do projeto da máquina de filamento PET, com a compactação de todo o sistema eletrônico em uma única Placa de Circuito Impresso (PCI). Essa integração reduziu significativamente o volume da parte eletrônica, aumentou a confiabilidade e facilitará futuras replicações.

A automação da máquina, que inicialmente operava de forma analógica, está em fase avançada de implementação. Para garantir o controle preciso da temperatura do hotend, foi desenvolvido e implementado um algoritmo PID (*Proporcional-Integral-Derivativo*) no microcontrolador ESP32, utilizando como referência a leitura do termistor e acionando o resistor de potência por meio de um MOSFET (*Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor*). Este controle assegura que a temperatura se mantenha estável no ponto ideal de fusão do PET (Polietileno Tereftalato), evitando tanto a solidificação prematura quanto a degradação térmica do material. Paralelamente, foi implementado o controle dos motores de passo NEMA17, responsáveis pela extrusão e bobinamento do filamento, por meio da biblioteca AccelStepper, permitindo o controle preciso da velocidade, aceleração e posição, com a temporização e sequenciamento dos pulsos gerenciados pelo ESP32.

Foi incorporado um display touchscreen de 2,4 polegadas, com firmware desenvolvido em linguagem C utilizando bibliotecas gráficas. A interface permitirá o controle intuitivo de parâmetros como temperatura do hotend e velocidade dos motores, automatizando completamente o funcionamento da extrusora e eliminando a necessidade de ajustes manuais.

Tais avanços estão alinhados ao propósito de desenvolver uma solução acessível, sustentável e de baixo custo, além de promoverem o desenvolvimento das habilidades de pesquisa dos estudantes envolvidos.

## METODOLOGIA APLICADA (até o momento)

O desenvolvimento do projeto foi conduzido no laboratório Espaço 4.0 do IFAL Campus Arapiraca, utilizando sua infraestrutura composta por impressoras 3D, computadores e equipamentos de prototipagem eletrônica, seguindo o cronograma estabelecido para o projeto. A metodologia adotada baseou-se em uma abordagem iterativa e experimental, fundamentada na revisão bibliográfica de trabalhos relacionados e na implementação prática de soluções para automação do processo de produção de filamento PET.

Uma das principais contribuições deste trabalho foi a otimização do projeto eletrônico da máquina, com a compactação de todo o sistema em uma única Placa de Circuito Impresso (PCI). Esta decisão foi inspirada pelos trabalhos de Yauri *et al.* (2024), que demonstraram a viabilidade de integrar funções de controle em uma placa dedicada para automação de processos de reciclagem. A integração dos componentes, incluindo o microcontrolador, drivers de potência, circuito de condicionamento do sensor de temperatura e interface de comunicação, em uma única PCI trouxe benefícios significativos: redução do volume da parte eletrônica, aumento da confiabilidade ao eliminar conexões suscetíveis a falhas, e facilitação de futuras replicações do projeto. O projeto da PCI foi desenvolvido considerando a disposição otimizada dos componentes e a robustez necessária para o ambiente de operação, seguindo boas práticas de design de placas de circuito impresso, como

técnicas de thermal relief e dimensionamento adequado das trilhas para suportar as correntes exigidas pelos atuadores.

A literatura consultada evidenciou que a qualidade do filamento PET reciclado está diretamente relacionada ao controle preciso de parâmetros como temperatura de extrusão e velocidade de tração. Tylman e Dzierzek (2020) destacam a necessidade de torque elevado no sistema de bobinamento para garantir a tração adequada do filamento, enquanto Meraj *et al.* (2024) demonstraram, por meio de experimentos sistemáticos, a correlação direta entre a temperatura do bloco de aquecimento e o diâmetro final do filamento produzido. Adicionalmente, Jiang *et al.* (2018) alertam que a presença de impurezas e oligômeros no PET reciclado torna sua estabilidade térmica inferior à do PET virgem, exigindo um controle rigoroso da temperatura para evitar degradação do material.

A partir dessas constatações, foi realizada a evolução do protótipo de uma operação puramente analógica para um sistema automatizado. Para garantir o controle preciso da temperatura do hotend, foi desenvolvido e implementado um algoritmo PID (*Proporcional-Integral-Derivativo*) no microcontrolador ESP32. A Figura 1 mostra um gráfico da aplicação. O sistema utiliza como referência a leitura contínua do termistor e aciona o resistor de potência por meio de um MOSFET, assegurando que a temperatura se mantenha estável no ponto ideal de fusão do PET, evitando tanto a solidificação prematura quanto a degradação térmica do material.

Figura 1 - Gráfico gerado após a implementação do PID.



Fonte: Autores, 2026.

Paralelamente, foi implementado o controle dos motores de passo NEMA17, responsáveis pelos processos de extrusão e bobinamento do filamento. Utilizando a biblioteca *AccelStepper* no ambiente de desenvolvimento, foi possível configurar o controle preciso da velocidade, aceleração e posição dos motores. A temporização e o sequenciamento dos pulsos são gerenciados pelo ESP32, garantindo a constância do movimento, fator crítico para a uniformidade do diâmetro do filamento, conforme observado na literatura de referência.

A necessidade de uma operação mais intuitiva e acessível motivou o desenvolvimento de uma interface homem-máquina (IHM) baseada em um *display touchscreen*. Conforme discutido por Yauri *et al.* (2024), a implementação de sistemas de monitoramento e controle com interfaces amigáveis amplia a usabilidade e democratiza o acesso a tecnologias de reciclagem. A escolha por uma interface gráfica substituiu o acionamento e a leitura de parâmetros por métodos analógicos (potenciômetros, mostradores) por um sistema digital integrado e de fácil manipulação.



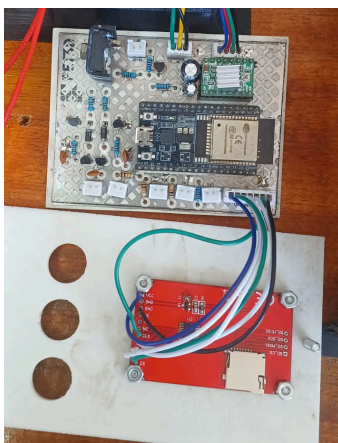
Para o desenvolvimento desta interface, optou-se pela utilização do microcontrolador ESP32, que oferece poder de processamento suficiente para gerenciar simultaneamente o controle PID da máquina, o acionamento dos motores e a interface gráfica, além de possibilitar futuras expansões como conectividade Wi-Fi e Bluetooth. O firmware foi desenvolvido em linguagem C, utilizando o framework Arduino e a biblioteca gráfica LVGL (*Light and Versatile Graphics Library*), reconhecida por sua eficiência em sistemas embarcados e ampla gama de widgets. O design da interface foi realizado com o auxílio da ferramenta SquareLine Studio, que permitiu a prototipagem visual e a geração de código de forma ágil, acelerando o processo de criação de telas para controle de temperatura, velocidade e monitoramento do processo. O ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) utilizado foi o Visual Studio Code (VS Code) com o uso da extensão PlatformIO, que oferece maior flexibilidade e recursos avançados de edição e depuração em comparação com IDEs tradicionais.

A integração do ESP32 com a tela “touch” e a implementação da interface gráfica representaram um avanço significativo para esta máquina, tornando a operação mais precisa e acessível, mesmo para usuários com pouca experiência técnica, ao mesmo tempo que se alinham aos princípios de automação e controle observados na literatura de referência.

## RESULTADOS ENCONTRADOS (até o momento)

Com a conclusão da otimização do projeto eletrônico, obteve-se uma Placa de Circuito Impresso funcional que integra todos os componentes necessários para o controle da máquina (Figura 2). A PCI desenvolvida incorpora o microcontrolador ESP32, os drivers para acionamento dos motores de passo NEMA17, o circuito de condicionamento do termistor para leitura de temperatura, o MOSFET para acionamento do resistor de aquecimento e os conectores para a interface com o display touchscreen e demais periféricos. Os testes realizados demonstraram que a compactação do sistema reduziu significativamente o volume ocupado pela parte eletrônica e eliminou conexões suscetíveis a falhas, comuns em protótipos iniciais que utilizavam componentes avulsos e fiação extensa.

Figura 2 - PCI desenvolvida para controle da máquina.



Fonte: Autores, 2026.

A implementação do algoritmo PID para controle da temperatura do hotend mostrou-se eficaz nos testes iniciais, com o sistema sendo capaz de atingir a temperatura desejada e sustentar o valor com oscilações mínimas, condição necessária para que o PET atinja o ponto ideal de fusão sem degradação térmica. O código responsável pelo controle PID foi desenvolvido em linguagem C no ambiente Arduino IDE. Parte desta implementação pode ser visualizada na Figura 3, onde se destacam as rotinas de aquisição do sinal do termistor, cálculo da ação de controle e acionamento do MOSFET.

Figura 3 - Trecho do código com a implementação do algoritmo PID.

```

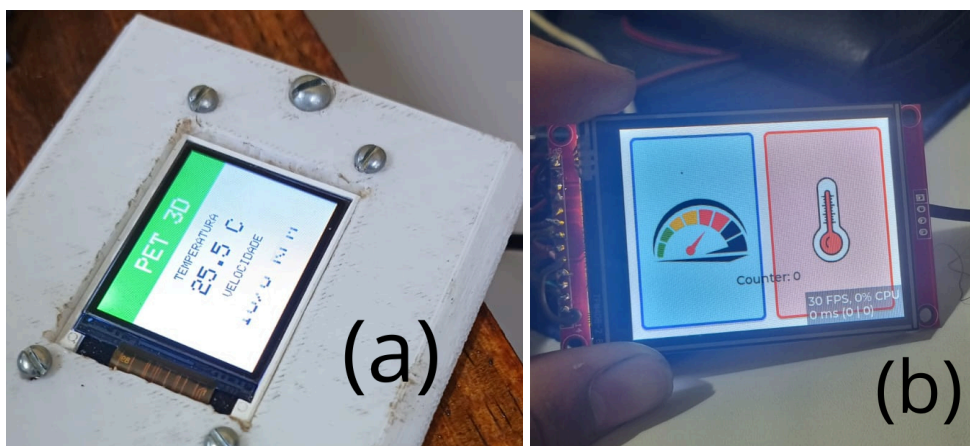
1  //*****
2  * Arduino PID Library - Version 1.0
3  * by Ernyany Santos <ernyany.santos30@gmail.com>
4  *
5  *
6  *
7  #include <PID.h>
8
9  PID::PID(double *UserInput, double *UserOutput, double *UserSetPoint,
10 double UserKp, double UserKi, double UserKd, double UserResolution)
11 : PID()
12 {
13 Kp = UserKp;
14 Ki = UserKi;
15 Kd = UserKd;
16
17 Resolution = UserResolution;
18 ResolutionConverted = (1 << (int)Resolution) - 1;
19
20 Input = UserInput;
21 Output = UserOutput;
22 SetPoint = UserSetPoint;
23 }
24
25 PID::PID()
26 : Proportional(0), Integral(0), Derivative(0),
27 Error(0), LastError(0),
28 Input(nullptr), Output(nullptr), SetPoint(nullptr),
29 Resolution(0), ResolutionConverted(0),
30 IsFirst(true), IsClamped(false),
31 Kp(0), Ki(0), Kd(0)
32 {}
33
34
35 void PID::compute(double dt)
36 {
37 // Updates error values
38 LastError = Error;
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

```

Fonte: Autores, 2026.

Paralelamente, o controle dos motores de passo NEMA17 por meio da biblioteca AccelStepper permitiu o gerenciamento preciso da velocidade, aceleração e posição, com a temporização e sequenciamento dos pulsos gerenciados pelo ESP32. A biblioteca *AccelStepper* mostrou-se adequada para a aplicação, oferecendo funções de alto nível que simplificam significativamente a implementação do controle de movimento, ao mesmo tempo que permitiu ajustes finos nos parâmetros de aceleração e velocidade máxima, fundamentais para a suavidade da tração do filamento. A incorporação do display TFT de 1.8 polegadas à máquina, conforme apresentado na Figura 4(a), posteriormente substituído pelo display TFT touchscreen de 2.4 polegadas, apresentado na Figura 4(b), representou um avanço significativo na interface homem-máquina. O display foi integrado ao ESP32 e posicionado no painel frontal da máquina, permitindo acesso facilitado aos controles e visualização das informações do processo.

Figura 4 - Display touchscreen integrado ao painel da máquina.



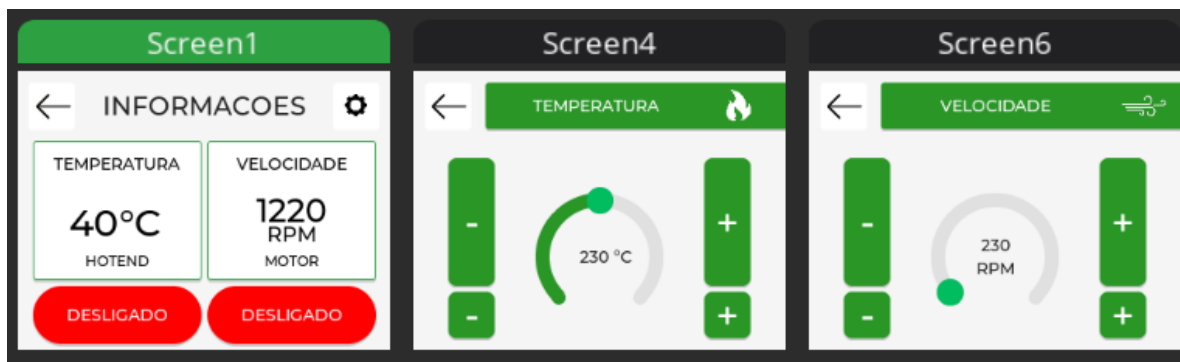
Fonte: Autores, 2026.

O firmware em C para o display utilizou a biblioteca gráfica LVGL, que permitiu criar uma interface responsiva e visualmente organizada no ESP32, utilizando widgets como botões, sliders e labels, com gerenciamento eficiente de eventos de toque e adequação às limitações de memória e



processamento. O design das telas foi desenvolvido no *SquareLine Studio*, uma ferramenta de prototipagem visual que acelerou o processo de criação das interfaces de controle e monitoramento, temperatura, velocidade dos motores (Figura 5), ao exportar automaticamente o código C compatível com a LVGL, dispensando a codificação manual extensa para ajustes visuais.

Figura 5 - Telas de ajuste de temperatura e velocidade gerado utilizando o *SquareLine*.



Fonte: Autores, 2026.

A interface desenvolvida possibilita o ajuste da temperatura do hotend com visualização gráfica da evolução térmica, o controle da velocidade dos motores de extrusão e bobinamento, a exibição em tempo real da temperatura medida pelo termistor, além de botões de emergência e funções pré-programadas para diferentes configurações de operação. A integração entre o ESP32, a LVGL e o *SquareLine Studio* resultou em uma interface intuitiva e funcional, que torna a operação da máquina mais acessível mesmo para usuários com pouca experiência técnica.

## DIFICULDADES ENCONTRADAS

- Dificuldades técnicas: O acoplamento direto do motor NEMA17 ao carretel causou deslizamentos constantes no filamento, exigindo o desenvolvimento de uma caixa de redução com engrenagens. A calibração do PID para controle do *hotend* demorou mais que o esperado devido às particularidades térmicas do sistema, exigindo múltiplas tentativas de ajuste. A comunicação entre ESP32, drivers, sensor de temperatura e *display touchscreen* demandou testes extensivos para garantir estabilidade e sincronismo.
- Dificuldades de recursos: Pouco material em português sobre automação de extrusoras para filamento PET, exigindo pesquisa e interpretação de fontes estrangeiras. Documentação nacional limitada sobre integração da biblioteca LVGL com ESP32 para interfaces gráficas. Soluções altamente específicas, sem bibliotecas ou códigos prontos que pudessem ser reaproveitados. Atrasos no desenvolvimento das telas com LVGL e *SquareLine Studio* pela falta de documentação acessível.
- Dificuldades financeiras: O material para prototipagem foi disponibilizado pelo laboratório Espaço 4.0 do IFAL Campus Arapiraca. A bolsa de iniciação tecnológica foi fundamental para a manutenção e dedicação da bolsista ao projeto.

## RELACIONAR O CRONOGRAMA PREVISTO COM O EXECUTADO

Durante a execução do cronograma proposto inicialmente, observou-se que algumas etapas



demandaram ajustes em suas alocações temporais, seja por antecipação de atividades ou por extensão de prazos devido à complexidade das implementações. As tabelas a seguir apresentam, respectivamente, o cronograma originalmente proposto (Tabela 1) e o cronograma ajustado (Tabela 2) conforme o andamento real do projeto.

Tabela 1 - Cronograma Proposto.

Atividade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
REUNIÕES DE PLANEJAMENTO DAS ATIVIDADES COM A EQUIPE	X	X										
REUNIÕES DE ACOMPANHAMENTO DAS ATIVIDADES.			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ATUALIZAÇÃO DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.	X	X										
OTIMIZAÇÃO DO PROJETO DA MÁQUINA DE FILAMENTO PET		X	X	X								
AUTOMATIZAÇÃO IOT DA MÁQUINA DE FILAMENTO PET COM PCI EMBARCADO.				X	X	X						
CONTROLE DE TEMPERATURA E EXTRUSÃO DA MÁQUINA						X	X	X				
MODELAGEM E IMPRESSÃO DE PEÇAS E ESTRUTURAS DE ROBÔS EDUCACIONAIS								X	X	X	X	
ESCRITA DE ARTIGO CIENTÍFICO							X	X	X	X		
SUBMISSÃO DE ARTIGO CIENTÍFICO PARA CONGRESSO OU REVISTA.											X	X

Fonte: Autores, 2026.

Tabela 2 - Cronograma Ajustado.

Atividade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
REUNIÕES DE PLANEJAMENTO DAS ATIVIDADES COM A EQUIPE	X	X										
REUNIÕES DE ACOMPANHAMENTO DAS ATIVIDADES.			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ATUALIZAÇÃO DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.	X	X										
OTIMIZAÇÃO DO PROJETO DA MÁQUINA DE FILAMENTO PET		X	X									
AUTOMATIZAÇÃO IOT DA MÁQUINA DE FILAMENTO PET COM PCI EMBARCADO.				X	X							
CONTROLE DE TEMPERATURA E EXTRUSÃO DA MÁQUINA					X	X	X					
MODELAGEM E IMPRESSÃO DE PEÇAS E ESTRUTURAS DE ROBÔS EDUCACIONAIS							X	X	X	X	X	
ESCRITA DE ARTIGO CIENTÍFICO						X	X	X	X	X	X	
SUBMISSÃO DE ARTIGO CIENTÍFICO PARA CONGRESSO OU REVISTA.								X	X	X	X	X

Fonte: Autores, 2026.

A comparação mostra uma evolução estratégica do planejamento, com ajustes que refletem o ritmo real do projeto. As principais mudanças e constatações para otimização de prazos, as atividades como otimização da PCI e automatização IoT foram encurtadas de três para dois meses, indicando acerto na priorização do redesenho eletrônico para acelerar fases seguintes. O controle de

# IV SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

**PLANETA ÁGUA:**  
A CULTURA OCEÂNICA PARA  
ENFRENTAR AS MUDANÇAS  
CLIMÁTICAS NO MEU TERRITÓRIO



**30/03 A 02/04  
2026**



temperatura e extrusão permaneceu como o cronograma inicial do projeto devido à sua alta complexidade técnica (PID, NEMA17, sincronização em tempo real), a modelagem, impressão e produção científica mantiveram-se nos meses finais, aguardando a validação dos testes. O projeto já executou as etapas iniciais conforme o novo plano e está com a integração completa em fase avançada, indicando trajetória consistente para a conclusão no prazo.

## CONCLUSÕES PRELIMINARES E TRABALHOS FUTUROS

O projeto tem evoluído de forma bastante positiva, com avanços significativos tanto na consolidação técnica quanto na viabilidade da solução proposta. Entre os principais destaques, estão os avanços técnicos concretos, como a compactação de todo o sistema em uma única placa de circuito impresso (PCI), o que otimizou o espaço físico e aumentou a confiabilidade do equipamento. O controle PID do *hotend* atingiu a estabilidade térmica necessária para o processo, enquanto o gerenciamento dos motores NEMA17 por meio da biblioteca *Accel/Stepper* garantiu a sincronização precisa entre a alimentação e a tração do filamento.

Outro ponto relevante é o desenvolvimento de uma interface acessível: a IHM com *display touchscreen*, desenvolvida com LVGL e *SquareLine Studio*, proporcionou uma operação intuitiva, adequada para diferentes níveis de usuário. Apesar dos obstáculos enfrentados, como a escassez de material técnico em português, a complexidade da calibração do PID e a curva de aprendizado das ferramentas de interface gráfica, esses desafios foram parcialmente contornados, reforçando o caráter inovador e de pesquisa aplicada do projeto. Diante das etapas já executadas, a previsão é de que o projeto seja concluído no prazo, entregando uma máquina funcional, automatizada e de baixo custo, voltada à produção de filamento de PET reciclado, contribuindo diretamente para a sustentabilidade ambiental.

## BIBLIOGRAFIA

ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. 2022. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/download-panorama-2022/>.

CUNHA, R. DA C. et al. A robótica educacional : ferramenta interdisciplinar na aquisição do conhecimento. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 3, p. 27786–27796, 2021.

ESPRESSIF. ESP32 Wi-Fi & Bluetooth MCU. Espressif Systems. 2023. Disponível em <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>.

FERREIRA, F. F. Estudo e desenvolvimento de filamento de PET reciclado para impressoras 3D FDM. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Rede Temática em Engenharia de Materiais (REDEMAT), Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP - UEMG). Ouro Preto, p. 86. 2020.

FILHO, M. DOS S. et al. Robótica Educacional Com Material Reciclável : a Inserção De Tecnologias Em Baixo Custo Nas Escolas Públicas Do Ceará. *Mostra Nacional de Robótica (MNR)*, p. 1–6, 2012.

JIANG, Z; GUO, Z; ZHANG, Z; et al. Preparation and properties of bottle-recyclde polyethylene terephthalate (PET) filaments. *Textile Research Journal*, [S.l.], v. 0, n. 00, p. 1-8, 2018. DOI: 10.1177/0040517518767146.

MANRICH, S. Processamento de termoplásticos: rosca única, extrusão e matrizes,



injeção e moldes. São Paulo: Artliber Editora, 2005.

MERAJ, M; KU, P. X.; CHOO, H. L.; AUNG, P. P. Design and Development of an Automated PET Plastic Bottle 3D Printer Filament Making Machine. Journal of Physics: Conference Series, v. 2923, art. 012005, 2024. DOI: 10.1088/1742-6596/2923/1/012005.

NUNES, R. S.; ZANUTO, R. S. Máquina Geradora de Filamentos para Impressora 3d a partir de Resíduos Plásticos.

SANTOS, Rui; SANTOS, Sara. Learn LVGL: Build GUIs for ESP32 Projects. Versão 1.4: Random Nerd Tutorials, 2024. Disponível em: <https://randomnerdtutorials.com>.

TYLMAN, I.; DZIERŻEK, K. Filament for a 3D Printer from Pet Bottles-Simple Machine. International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research, v. 9, n. 10, p. 1386-1392, 2020. doi: 10.18178/ijmerr.9.10.1386-1392.

UNEP. Our planet is choking on plastic. Disponível em: <https://www.unep.org/interactives/beat-plastic-pollution/>. Acesso em: 11 maio 2025.

WWF. Transparent 2022 - Annual ReSource: Plastic Progress Report. ReSource, 2022. Disponível em: [https://files.worldwildlife.org/wwfmsprod/files/Publication/file/9dsv7winop\\_WWF\\_Transparent\\_2022\\_FINAL\\_12.5.22.pdf](https://files.worldwildlife.org/wwfmsprod/files/Publication/file/9dsv7winop_WWF_Transparent_2022_FINAL_12.5.22.pdf). Acesso em: 10 maio 2025.

YAURI, R; BERMEJO, H; LEÓN, A; LLERENA, O. Processing System for Plastic Bottle to Obtain Polyethylene Terephthalate Filament in 3D Printers. WSEAS TRANSACTIONS on SYSTEMS and CONTROL, v. 19, 2024. DOI: 10.37394/23203.2024.19.1.

[s. d]. Disponível em: [https://prpi.ifce.edu.br/nl/\\_lib/file/doc5990-Trabalho/MaquinaGeradoraDeFilamentos.pdf](https://prpi.ifce.edu.br/nl/_lib/file/doc5990-Trabalho/MaquinaGeradoraDeFilamentos.pdf). Acesso em: 02 maio 2025.

## AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seu reconhecimento à FAPEAL pelo fomento indispensável à realização da IV SNCT e pela viabilização da publicação destes Anais. O agradecimento estende-se ao IFAL Campus Arapiraca pelo suporte institucional e infraestrutura disponibilizada, incluindo laboratórios como o Espaço 4.0 e equipamentos; à PRPPI pela concessão de bolsas e suporte através dos editais PIBIC e PIBITI; bem como ao CNPq e ao MCTI, cujos editais nacionais proporcionam as bases fundamentais para o desenvolvimento da ciência, tecnologia e inovação, elevando o impacto da produção acadêmica.

## INFORMAÇÕES ADICIONAIS

### RELATÓRIO COM RESULTADOS PARCIAIS EM FORMATO DE ARTIGO

Início da Execução do Projeto: 01/09/2026

Entrega do Relatório: 09/03/2026

Data de apresentação na IV SNCT: 31/03/2026