

# SECADOR INTELIGENTE DE FILAMENTOS PARA IMPRESSÃO 3D

Matheus Milani <sup>1</sup>; Thiago Moraes <sup>1</sup>; Kassem Hamdoun <sup>1</sup>; Vinicius Rodrigues <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Aluno do Instituto Mauá de Tecnologia (IMT).

**Resumo.** Este relatório apresenta o desenvolvimento de um secador inteligente de filamentos para impressão 3D, capaz de realizar simultaneamente o controle térmico para remoção de umidade e a medição precisa do peso do filamento restante. O sistema integra sensores, atuadores, uma placa controladora personalizada e um servidor web embarcado no Raspberry Pi Pico 2W, permitindo monitoramento e acionamento remoto do dispositivo. A solução proposta visa reduzir desperdícios, evitar falhas de impressão e melhorar a qualidade das peças produzidas em impressoras 3D do tipo FDM.

## Introdução

A impressão 3D tornou-se uma tecnologia amplamente utilizada em processos educacionais, industriais e de prototipagem. Contudo, um dos maiores problemas enfrentados por usuários de impressoras do tipo FDM é a umidade acumulada nos filamentos termoplásticos, que compromete a qualidade das peças, causando bolhas, fissuras e superfícies irregulares.

Outro desafio recorrente é a ausência de informações precisas sobre a quantidade de filamento restante no carretel, o que pode resultar em interrupções inesperadas durante o processo de impressão, gerando desperdício de tempo, energia e material.

Diante desse cenário, este projeto propõe o desenvolvimento de um secador inteligente de filamentos com medição integrada de peso e controle remoto via servidor HTTP, oferecendo uma solução prática e eficaz para usuários de impressão 3D.

O presente projeto tem como objetivo desenvolver um dispositivo capaz de:

- ) Secar filamentos de impressão 3D por meio de controle térmico;
- ) Medir, em tempo real, o peso do filamento restante no carretel;
- ) Disponibilizar uma interface web acessível via Wi-Fi, permitindo monitoramento e acionamento remoto do sistema;
- ) Reduzir desperdícios e falhas decorrentes da umidade ou falta de filamento;
- ) Unificar automação, eletrônica e software em uma solução compacta e acessível.

## Material e Métodos

### Materiais utilizados:

Os materiais utilizados no projeto foram:

- ) Raspberry Pi Pico 2W;
- ) Módulo HX711;
- ) Load Cell;
- ) Sensor de temperatura SHT31;
- ) Lâmpada aquecedora de réptil (100 W);
- ) Relé de estado sólido;
- ) Coolers 5V (2 unidades);
- ) Transistores BC547 (3 unidades);
- ) Resistores de 1 kΩ (3 unidades);
- ) Fonte de alimentação 5 V;
- ) PCB personalizada (placa de circuito);
- ) Estrutura física impressa em 3D;
- ) Conector C14.

## *Fundamentação teórica*

Quanto à impressão 3D e efeitos da umidade, filamentos termoplásticos como PLA, ABS, PETG e Nylon são higroscópicos, absorvendo umidade naturalmente. Quando aquecidos no bico da impressora, o vapor de água interno gera estalos, bolhas e inconsistências estruturais.

Por isso, técnicas de secagem são essenciais para restaurar características ideais de impressão.

A load cell é um sensor baseado em extensômetros que converte força em deformação mecânica, permitindo medir massa. O módulo HX711 realiza a amplificação e conversão analógico-digital do sinal, possibilitando leitura precisa pelo microcontrolador.

O controle da temperatura é realizado por meio de um sensor digital (SHT31), que monitora o ambiente interno do secador e fornece dados para os atuadores (aquecedor e ventilação).

O Pico 2W possui conectividade Wi-Fi integrada, permitindo a criação de servidores web. Isso possibilita monitorar variáveis do sistema e enviar comandos para atuadores via navegador.

## **Descrição do projeto**

O presente projeto consiste no desenvolvimento de um secador inteligente de filamentos para impressoras 3D, cuja finalidade é remover a umidade acumulada no material e fornecer ao usuário informações em tempo real sobre o peso restante do filamento. O sistema integra eletrônica, automação, controle térmico e interface web em um dispositivo compacto e eficiente.

O projeto é estruturado em três módulos principais:

### *Módulo Eletrônico de Controle:*

O módulo eletrônico é composto por uma placa de circuito impresso (PCB) desenvolvida especificamente para o projeto, na qual estão integrados o microcontrolador Raspberry Pi Pico 2W, o módulo amplificador HX711, transistores, resistores de proteção e conexões para o relé de estado sólido e ventiladores.

Esse módulo realiza:

- ) a leitura do sinal da célula de carga;
- ) o monitoramento da temperatura interna através do sensor SHT31;
- ) o acionamento dos atuadores (coolers e aquecedor);
- ) a disponibilização dos dados coletados em uma interface web via Wi-Fi.

### *Módulo Térmico e de Circulação de Ar:*

A secagem do filamento ocorre por meio de uma lâmpada aquecedora de 100 W, acionada por um relé de estado sólido (SSR), que garante comutação rápida e segura.

A circulação de ar quente é realizada por dois coolers de 5 V, responsáveis por distribuir uniformemente o calor dentro da câmara de secagem.

O sensor SHT31, instalado próximo ao fluxo de ar, monitora continuamente a temperatura, garantindo segurança térmica e eficiência no processo.

### *Estrutura Mecânica:*

A estrutura externa e os suportes internos foram projetados em ambiente CAD e produzidos por impressão 3D. A carcaça acomoda o rolo de filamento, a célula de carga e todos os módulos eletrônicos, além de fornecer:

- ) estabilidade mecânica;
- ) isolamento térmico adequado;

- ) compartimentação dos elementos funcionais;
- ) facilidade de montagem e manutenção.
- ) O conjunto permite ao usuário:
- ) secar filamentos de maneira controlada;
- ) monitorar temperatura e peso pelo navegador;
- ) reduzir falhas de impressão relacionadas à umidade;
- ) prevenir interrupções inesperadas devido à falta de material.

## Metodologia

A construção do secador inteligente foi realizada em etapas simples e organizadas, passando pelo planejamento da arquitetura, montagem eletrônica, desenvolvimento da estrutura mecânica e integração final.

### *Arquitetura Geral do Sistema:*

Primeiro, definimos como cada parte do projeto deveria se comunicar — sensores, atuadores e o Raspberry Pi Pico 2W. Para facilitar a visualização, elaboramos um diagrama de blocos, como mostrado na Figura 1.

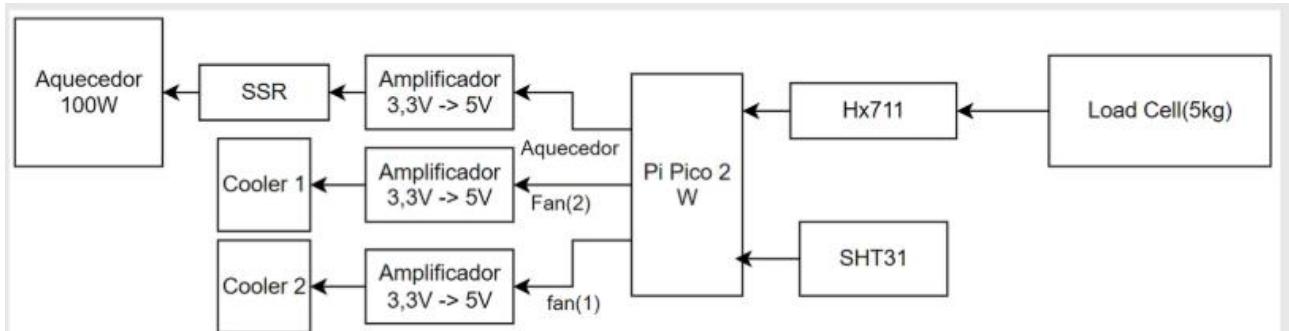
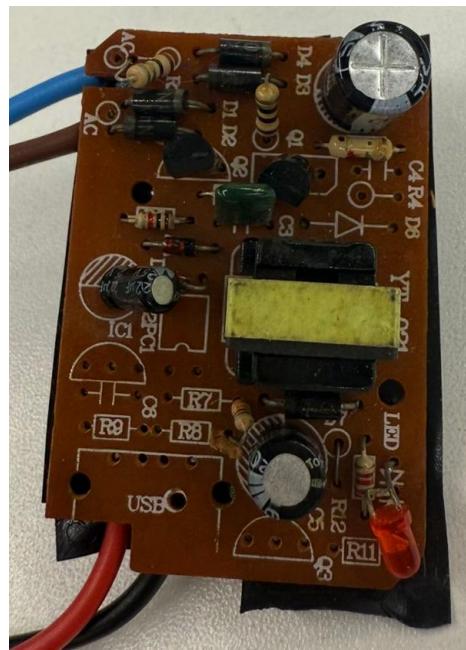


Figura 1 – Diagrama de blocos do projeto. Fonte: Autoria própria (2025).

### *Alimentação do Sistema:*

Escolhemos uma fonte chaveada de 5 V para alimentar todos os componentes, como mostrado na Figura 2. Ela garante estabilidade e segurança durante o funcionamento.



**Figura 2 - Fonte chaveada utilizada na alimentação do sistema.** Fonte: Autoria própria (2025).

## *Desenvolvimento e Montagem da PCB:*

Escolhemos uma fonte chaveada de 5 V para alimentar todos os componentes. Ela garante estabilidade e segurança durante o funcionamento.

A Figura 3 mostra o diagrama elétrico da PCB desenvolvida no software Proteus. A Figura 4 mostra o layout da PCB feito no Proteus. As Figuras 5 e 6 mostram a parte frontal e traseira da PCB montada.

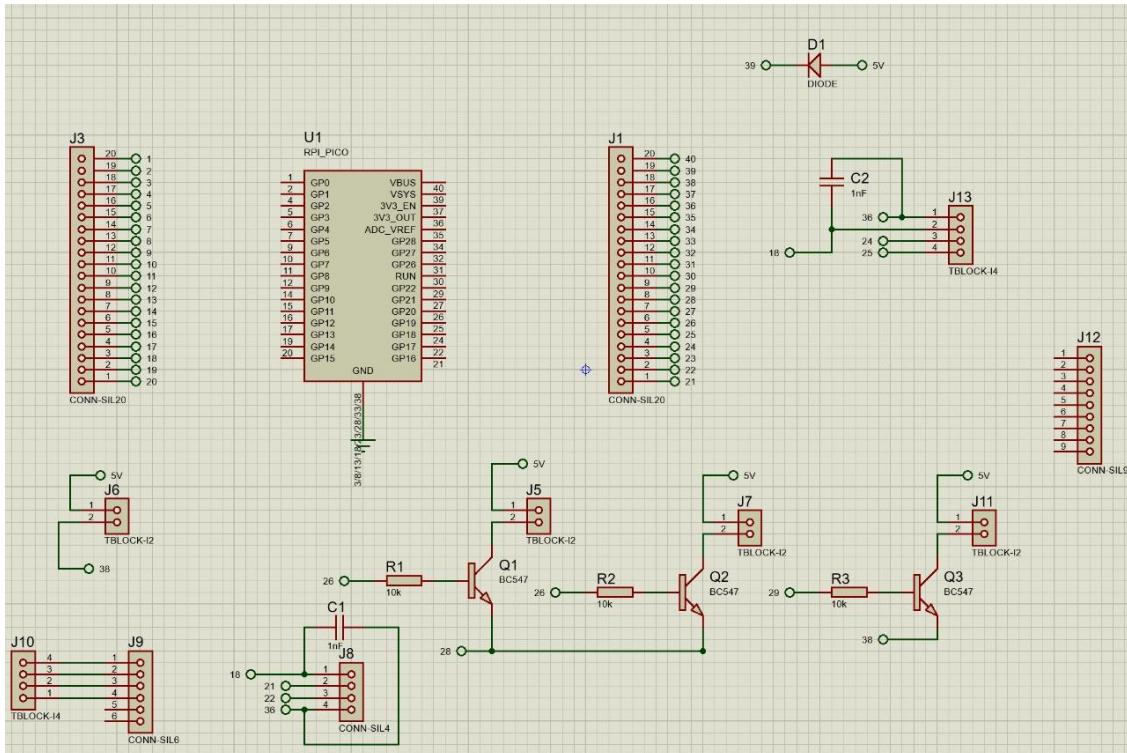


Figura 3 – Diagrama elétrico do circuito.

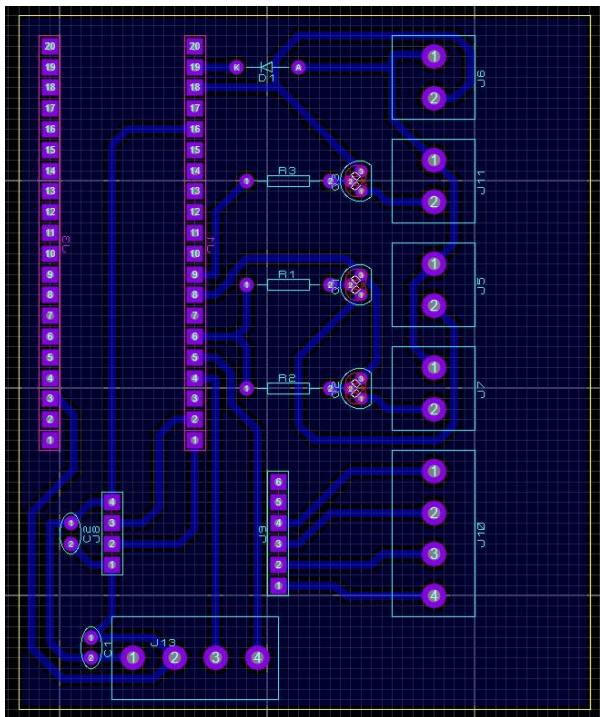


Figura 4 – Layout da PCB desenvolvido no Proteus.

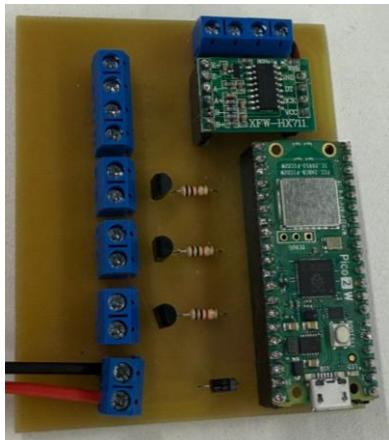


Figura 5 – Vista superior da PCB com Pico 2W, HX711 e transistores.

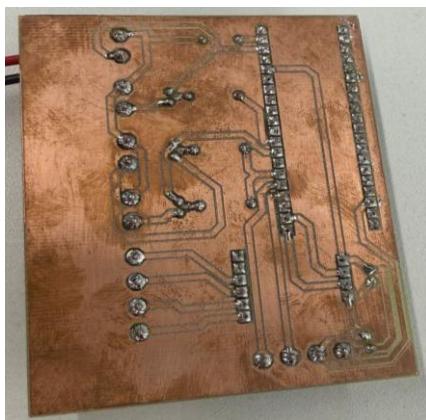


Figura 6 - Trilhamento inferior da PCB, mostrando conexões e soldagem.

*Montagem Interna do Equipamento:*

Com a placa pronta, passamos a integrar todos os componentes dentro da estrutura impressa em 3D, posicionando aquecedor, coolers e cabeamento. As Figuras 5 e 6 mostram a montagem do equipamento.



Figura 7 - Montagem interna com aquecedor, coolers e fiação.

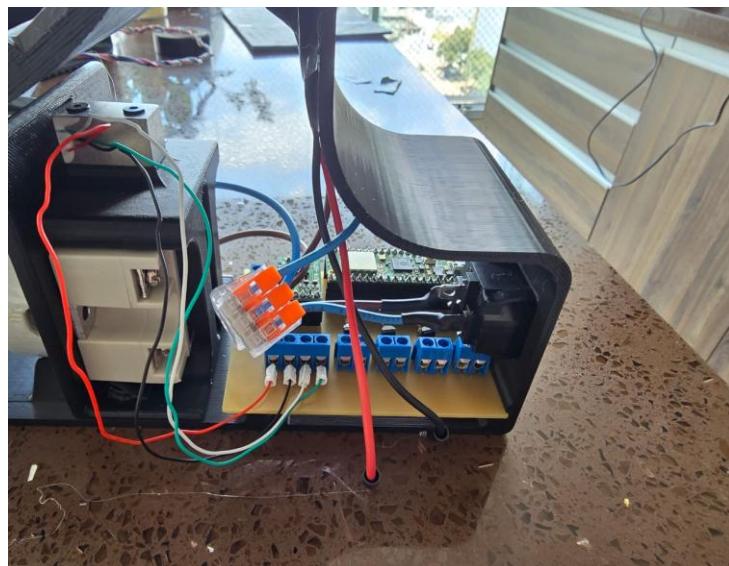


Figura 8 - PCB instalada no compartilhamento da estrutura.

#### *Estrutura Mecânica Impressa em 3D.:*

A estrutura foi modelada em CAD (Figura 7 e 8) e impressa em 3D, garantindo encaixe adequado dos componentes e boa circulação de ar.

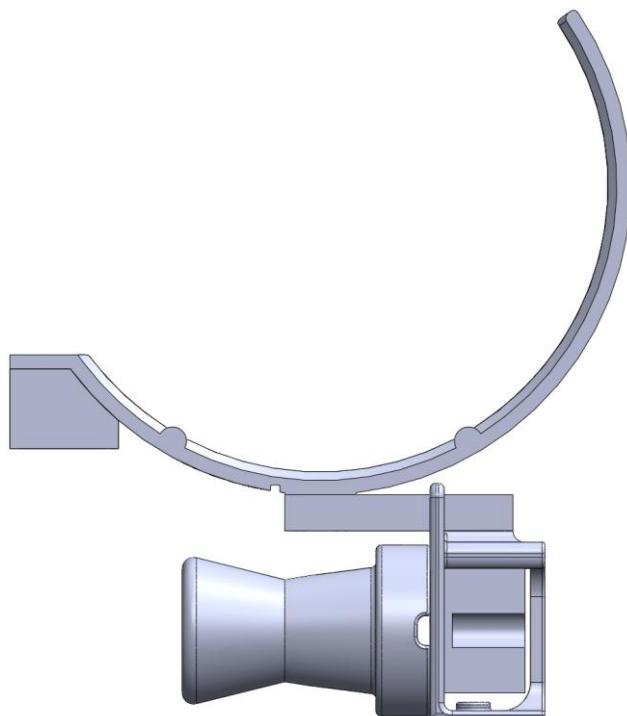


Figura 9 - Vista lateral do modelo 3D da estrutura.

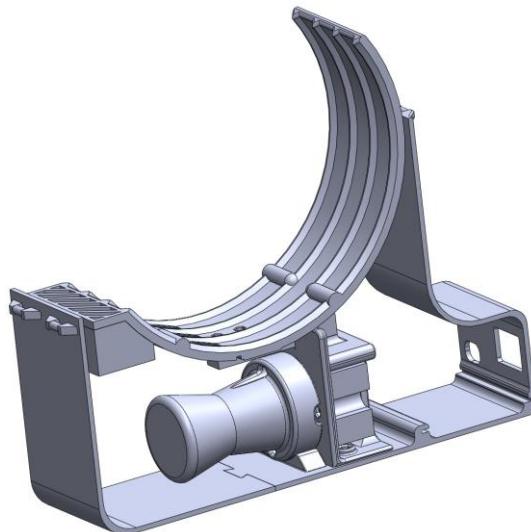


Figura 10 - Vista isométrica do modelo 3D.

## Software do Sistema (Firmware e Interface de Monitoramento)

O software desenvolvido para o projeto é composto por duas partes principais:

(1) o firmware embarcado no Raspberry Pi Pico 2W, responsável pela leitura dos sensores e controle dos atuadores; e

(2) uma interface gráfica de monitoramento, criada em Python com PySide6, que permite visualizar em tempo real os dados transmitidos pela porta serial.

### *Firmware embarcado:*

O firmware implementado no Raspberry Pi Pico 2W realiza a leitura dos sensores de temperatura/umidade (SHT31) e peso (HX711), além do controle automático do aquecedor e da ventoinha presentes no sistema de secagem de filamentos.

Na etapa de inicialização, o programa configura os pinos GPIO utilizados pelo HX711, pelo SHT31 (via I<sup>2</sup>C), pelo relé de estado sólido responsável pelo acionamento do aquecedor e pela ventoinha. O firmware também inicializa a comunicação I<sup>2</sup>C e executa um processo de tara da balança, realizando diversas leituras consecutivas do módulo HX711 e armazenando a média dessas leituras como ZERO\_OFFSET, o que garante que o valor medido posteriormente corresponda apenas ao filamento e ao carretilho.

Durante a execução contínua do laço principal, o firmware realiza periodicamente a leitura da temperatura e da umidade pelo SHT31 e obtém o peso calibrado a partir da célula de carga, utilizando o fator CALIBRATION\_FACTOR. Em seguida, aplica uma lógica de controle baseada em histerese: quando a temperatura fica abaixo de 80 °C, o aquecedor é ativado; acima de 85 °C, é desativado. Caso o sistema ultrapasse o limite de segurança de 95 °C, o aquecedor é imediatamente desligado, e uma mensagem de alerta é exibida no console.

A ventoinha é acionada automaticamente sempre que a temperatura ultrapassa 35 °C ou enquanto o aquecedor estiver ligado, garantindo circulação do ar quente no interior da câmara. Ao final de cada ciclo, o firmware registra no terminal, via porta serial, os valores de temperatura, umidade, peso e estado do aquecedor, possibilitando o monitoramento em tempo real.

#### *Interface gráfica de monitoramento (PySide6):*

Para complementar o funcionamento do firmware, foi desenvolvida uma interface gráfica utilizando Python e PySide6, permitindo que os dados enviados pelo Raspberry Pi Pico 2W sejam exibidos de forma visual, organizada e acessível. A interface se conecta à porta serial selecionada pelo usuário e interpreta, linha a linha, as mensagens transmitidas pelo firmware.

Cada linha contém informações no formato:

T: xx.x C | H: xx.x % | Peso: xxxx | Aquecedor: ON/OFF

A aplicação processa esses dados e atualiza automaticamente um dashboard composto por quatro indicadores principais:

- ) Temperatura (°C): exibida em destaque em um painel laranja;
- ) Umidade (%): mostrada em painel azul;
- ) Peso (g): exibido em painel verde;
- ) Estado do aquecedor: mostrado em painel vermelho, indicando se está ON ou OFF.

Abaixo dos indicadores, a interface apresenta também um log serial contínuo, permitindo visualizar todas as mensagens recebidas do firmware em ordem cronológica. Essa interface auxilia durante testes e validações, fornecendo acompanhamento visual do comportamento térmico, da variação do peso do filamento e do acionamento dos atuadores durante o processo de secagem.

A interface gráfica é mostrada na Figura 9.

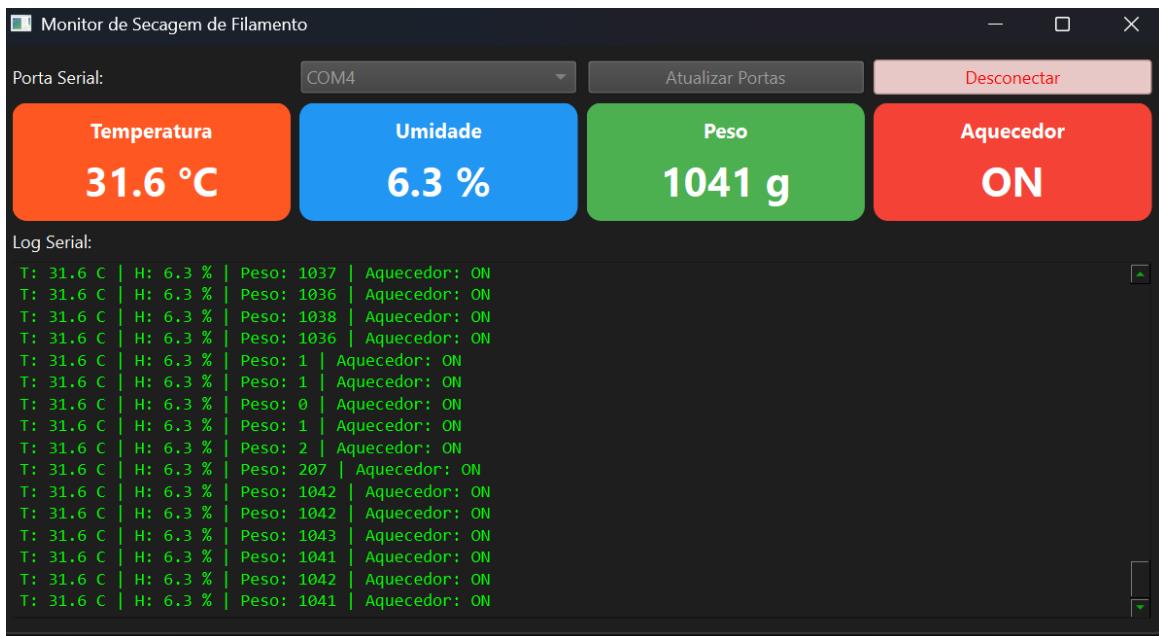


Figura 11 - Interface gráfica.

## Resultados e Discussão

O desenvolvimento do projeto apresentou resultados funcionais, embora algumas limitações tenham sido encontradas ao longo do processo. A principal delas foi a impossibilidade de integrar a parte web ao Raspberry Pi Pico 2W. Diante disso, o grupo optou por simplificar a solução e utilizar a comunicação serial, criando uma interface em Python para permitir que o usuário acompanhasse o funcionamento do sistema diretamente pelo computador. Essa abordagem mostrou-se viável e prática dentro do tempo disponível.

Durante os testes, verificou-se que o sistema é capaz de atingir temperaturas elevadas, alcançando aproximadamente 80 °C em cerca de 40 minutos. Esse desempenho indica que o equipamento possui potencial para secar adequadamente diversos tipos de filamento, inclusive materiais mais sensíveis à umidade.

A célula de carga apresentou resultados satisfatórios, com medições consistentes e variação aproximada de  $\pm 5$  g, o que é adequado para monitorar o consumo de filamento durante o processo de impressão 3D. Da mesma forma, a interface gráfica desenvolvida se mostrou bastante eficiente, exibindo de forma clara informações de temperatura, umidade, peso e estado do aquecedor, facilitando o acompanhamento em tempo real.

Mesmo com as limitações encontradas — tanto na integração Wi-Fi quanto na necessidade de simplificar algumas etapas — o sistema funcionou de forma estável e cumpriu seus objetivos principais. Assim, consideramos que o projeto foi um sucesso dentro da proposta apresentada, entregando uma solução funcional, simples e efetiva.

## Conclusões

O secador inteligente de filamentos apresenta uma solução prática e eficiente para problemas comuns na impressão 3D. A integração entre hardware, software embarcado e interface web demonstra o potencial da automação aplicada a dispositivos cotidianos. O projeto cumpre os objetivos propostos e pode ser ampliado futuramente com controle PID, armazenamento de dados em nuvem e otimização estrutural.

## Referências Bibliográficas

IDRYER-UNIT. Disponível em: <https://github.com/pavluchenkor/iDryer-Unit>. Acesso em: 15 out. 2025.

AVIA SEMICONDUCTOR. **24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales.** Disponível em: [https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711\\_english.pdf](https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711_english.pdf). Acesso em: 25 out. 2025.

SENSIRION. **Datasheet SHT3x-DIS.** Disponível em: [https://sensirion.com/media/documents/213E6A3B/63A5A569/Datasheet\\_SHT3x\\_DIS.pdf](https://sensirion.com/media/documents/213E6A3B/63A5A569/Datasheet_SHT3x_DIS.pdf). Acesso em: 26 out. 2025.

RASPBERRY PI FOUNDATION. **Pico-series Microcontrollers.** Disponível em: <https://www.raspberrypi.com/documentation/microcontrollers/pico-series.html>. Acesso em: 10 out. 2025.