

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA

ETEC SYLVIO DE MATTOS CARVALHO

Curso de Técnico em Eletrotécnica

ESTUFA DE COMPONENTES ELÉTRICOS

Higor Oliveira Harteman

Luiz Felipe dos Santos

Nicolas Arísio Reis

Ricardo Henrique dos Santos

**Matão, SP
2025**

Higor Oliveira Harteman

Luiz Felipe dos Santos

Nicolas Arísio Reis

Ricardo Henrique dos Santos

ESTUFA DE COMPONENTES ELÉTRICOS

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado ao Curso Técnico em Eletrotécnica da Escola Técnica Estadual Sylvio de Mattos Carvalho, orientado pelo Prof. Jocimar Fernando de Souza, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Técnico em Eletrotécnica.

**Matão, SP
2025**

RESUMO

Este projeto propõe o desenvolvimento de uma estufa para componentes eletrônicos, com o objetivo de garantir a secagem eficiente e segura de placas e dispositivos sensíveis à umidade. A estufa será projetada para operar em temperaturas controladas, prevenindo danos térmicos aos componentes, além de otimizar processos como a cura de soldas e adesivos. O sistema contará com controle preciso de temperatura e monitoramento digital, assegurando condições ideais para o tratamento térmico dos materiais. O projeto visa não apenas melhorar a qualidade dos produtos eletrônicos, mas também contribuir para a durabilidade e confiabilidade dos circuitos.

Palavras chaves: Aquecimento, Eletrônicos, Umidade.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	6
1.1 Objetivo Geral.....	7
1.2 Objetivos Específicos	7
1.3 Metodologia....	7
1.3.1 Pesquisas Bibliográficas.....	7
1.3.2 Desenvolvimento Prático do Projeto.....	8
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	9
2.1 Automação Industrial.....	9
2.2 Malha de Controle de Temperatura.....	10
2.2.1 Termopares	11
2.2.2 Controlador Digital de Temperatura.....	13
2.2.3 Resistência Elétricas.....	14
3. MATERIAIS UTILIZADOS.....	17
3.1 Chapa Galvanizada.....	17
3.2 Metalon.....	17
3.3 Contator de Potência.....	18
3.4 Disjuntor Bipolar.....	19
3.5 Controlador Digital Novus N1040i.....	20
3.6 Tomada Macho.....	20
3.7 Sinaleiro Verde e Vermelho.....	21
3.8 Termopar.....	22
3.9 Borne SAK.....	22
3.10 Resistência Elétrica.....	23
3.11 Lista de Materiais.....	24
4. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....	25
4.1 Corte das Barras de Metalon e Chapa Galvanizada.....	25
4.2 Soldagem das Barras de Metalon.....	26
4.3 Fixação das Chapas Metálicas e Cantoneiras.....	28
4.4 Revestimento com Malha Térmica.....	28
4.5 Estrutura de Fixação para o Painel Elétrico.....	29

4.6 Desenho do Esquema Elétrico do Projeto.....	29
4.7 Instalação dos Componentes de Potência.....	31
4.8 Fixação do painel elétrico e montagem dos dispositivos de controle.....	31
4.9 Instalação da tomada de alimentação e conexão do termopar.....	32
4.10 Fixação do painel elétrico no suporte.....	33
4.11 Instalação de Iluminação Interna.....	34
4.12 Instalação das Resistências Elétricas.....	35
4.13 Instalação da Grelha.....	35
4.14 Instalação de Rodinhas e Alça.....	36
4.15 Pintura da estrutura.....	37
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
REFERÊNCIAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

A umidade é um dos principais fatores que comprometem a durabilidade e o desempenho de componentes eletrônicos, causando oxidação, corrosão, curtos circuitos e outros defeitos que podem levar à falha total de dispositivos. Em ambientes industriais e laboratoriais, a exposição de placas de circuito impresso (PCBs) e outros componentes à umidade é uma preocupação constante, especialmente durante processos de soldagem e armazenamento. Diante desse cenário, este projeto propõe o desenvolvimento de uma estufa para componentes eletrônicos, um equipamento capaz de controlar a temperatura de forma precisa, promovendo a secagem eficiente e segura dos materiais.

O objetivo geral deste estudo é projetar e construir uma estufa que remova a umidade dos componentes eletrônicos, garantindo a integridade dos circuitos e auxiliando em processos como a cura de soldas, adesivos e revestimentos protetores. Espera-se que, ao final do projeto, o equipamento desenvolvido contribua para o aumento da durabilidade e confiabilidade dos dispositivos eletrônicos.

A metodologia utilizada envolve, inicialmente, uma pesquisa bibliográfica sobre os efeitos da umidade em componentes eletrônicos e os princípios de controle térmico aplicados a estufas. Em seguida, será realizado o desenvolvimento de um protótipo, considerando critérios como faixa de temperatura, ventilação forçada e monitoramento digital. Por fim, testes práticos serão conduzidos para avaliar o desempenho do equipamento, verificando sua eficiência na remoção da umidade e sua estabilidade térmica.

Este projeto justifica-se pela crescente demanda por eletrônicos de alta qualidade e pela necessidade de soluções que minimizem falhas causadas por fatores ambientais. A construção de uma estufa eficaz não só aprimora os processos de fabricação, mas também fortalece a durabilidade dos produtos finais, atendendo às exigências do mercado tecnológico.

1.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma estufa para componentes eletrônicos com controle preciso de temperatura e umidade, visando eliminar a umidade acumulada em placas de circuito impresso (PCBs) e outros dispositivos, garantindo a integridade dos materiais, prevenindo falhas elétricas e aumentando a durabilidade dos componentes durante os processos de fabricação e manutenção.

1.2 Objetivos Específicos

Projetar uma estufa capaz de controlar com precisão a temperatura para secagem uniforme dos componentes eletrônicos;

Implementar um sistema de monitoramento digital para acompanhar a temperatura em tempo real;

Contribuir para o aumento da durabilidade e confiabilidade dos produtos eletrônicos ao reduzir falhas causadas por umidade.

1.3 Metodologia

1.3.1 Pesquisas bibliográficas

Pesquisas de Silva e Oliveira (2019) ressaltam a importância do controle preciso de temperatura e ventilação nas estufas, já que temperaturas inadequadas podem danificar os materiais sensíveis. Além disso, estudos recentes analisam a integração de sensores digitais, permitindo um monitoramento em tempo real das condições internas da estufa, o que, segundo Melo (2021), aumenta a eficiência do processo e assegura maior durabilidade dos dispositivos eletrônicos. Essas referências fortalecem a base teórica deste projeto, embasando as escolhas técnicas no desenvolvimento de uma estufa eficiente e segura.

1.3.2 Desenvolvimento prático do projeto

O desenvolvimento prático do projeto consiste na criação de uma estufa para componentes eletrônicos, focada no controle preciso de temperatura e umidade. Inicialmente, será elaborado o projeto técnico, definindo os materiais a serem

utilizados, como resistências elétricas para o aquecimento, sensores para monitoramento térmico.

Em seguida, a estufa será montada e testada, verificando sua capacidade de remover a umidade de placas de circuito impresso (PCBs) e outros dispositivos eletrônicos sem comprometer sua integridade. Testes práticos serão realizados para avaliar a estabilidade térmica e a eficiência do sistema de secagem. Por fim, os resultados obtidos serão analisados, buscando possíveis melhorias no design e no desempenho do equipamento. Esse processo garantirá que a estufa atenda às necessidades propostas, contribuindo para a durabilidade e a confiabilidade dos componentes eletrônicos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Automação Industrial

A automação industrial é um conjunto de tecnologias que tem como objetivo otimizar processos produtivos, substituindo ou auxiliando o trabalho humano por meio de sistemas automatizados. Segundo Lida (2004), "a automação industrial é um conjunto de técnicas e tecnologias que visam à substituição do trabalho humano por sistemas automáticos, com o objetivo de aumentar a produtividade e a qualidade dos produtos". Com o avanço da eletrônica, da informática e da engenharia de controle, a automação tornou-se essencial para aumentar a produtividade, melhorar a qualidade dos produtos e reduzir erros operacionais. Em ambientes industriais modernos, como na manufatura de dispositivos eletrônicos, o uso de sensores, atuadores, controladores programáveis e sistemas supervisórios permite o gerenciamento preciso das etapas produtivas.

No contexto de projetos como estufas para componentes eletrônicos, a automação desempenha um papel fundamental ao permitir o controle preciso da temperatura, da umidade e do tempo de exposição dos dispositivos ao calor. Isso é possível graças à integração de elementos como termopares, controladores digitais de temperatura (PID) e relés de estado sólido, que garantem estabilidade térmica durante os processos de secagem ou cura. A automação, nesse cenário, não só melhora a eficiência energética do sistema como também assegura a qualidade dos componentes eletrônicos ao evitar variações térmicas indesejadas. Como destacado por Schwab (2016), "a Indústria 4.0 representa uma transformação fundamental na maneira como produzimos, consumimos e nos relacionamos com a tecnologia".

Além disso, a automação industrial contribui para a rastreabilidade e repetibilidade dos processos, o que é essencial na indústria eletrônica, onde cada etapa de produção deve seguir padrões rígidos. A possibilidade de programar ciclos automáticos e monitorar o desempenho da estufa em tempo real permite ao operador identificar falhas, realizar manutenções preditivas e garantir a confiabilidade do equipamento. Dessa forma, a automação se torna um recurso indispensável para tornar o projeto de uma estufa mais eficiente, segura e alinhada com as exigências do setor tecnológico. Conforme observado por Hermann, Pentek e Otto (2015), "os sistemas ciber-físicos, a Internet das Coisas e a computação em nuvem são pilares

fundamentais da Indústria 4.0, permitindo uma integração mais eficiente entre os sistemas físicos e digitais".

2.2 Malha de Controle de Temperatura

A malha de controle de temperatura é um sistema automático utilizado para monitorar e ajustar a temperatura de um ambiente ou equipamento — como estufas, fornos industriais ou sistemas HVAC — de maneira contínua e precisa.

Esse sistema opera em ciclo fechado, ou seja, os dados de saída (temperatura real) são constantemente realimentados ao controlador, formando uma “malha”. Seus principais componentes são:

- **Sensor de temperatura** (ex: termopar): responsável por medir a temperatura atual do sistema.
- **Controlador**: compara a temperatura medida com o valor de referência (setpoint) e determina a ação necessária.
- **Atuador** (ex: resistência elétrica ou sistema de refrigeração): executa a ação de aquecer ou resfriar conforme o comando do controlador.
- **Realimentação**: o sensor continua monitorando a temperatura, enviando novos dados ao controlador, que ajusta a saída conforme necessário.

Por exemplo, se a temperatura estiver abaixo do valor desejado, o controlador ativa o sistema de aquecimento até atingir o ponto programado. Ao alcançar esse valor, o controlador reduz ou desliga o aquecimento, mantendo a estabilidade térmica do processo.

Esse tipo de malha é essencial para garantir precisão, eficiência energética e segurança em processos térmicos automatizados, eliminando a necessidade de ajustes manuais frequentes.

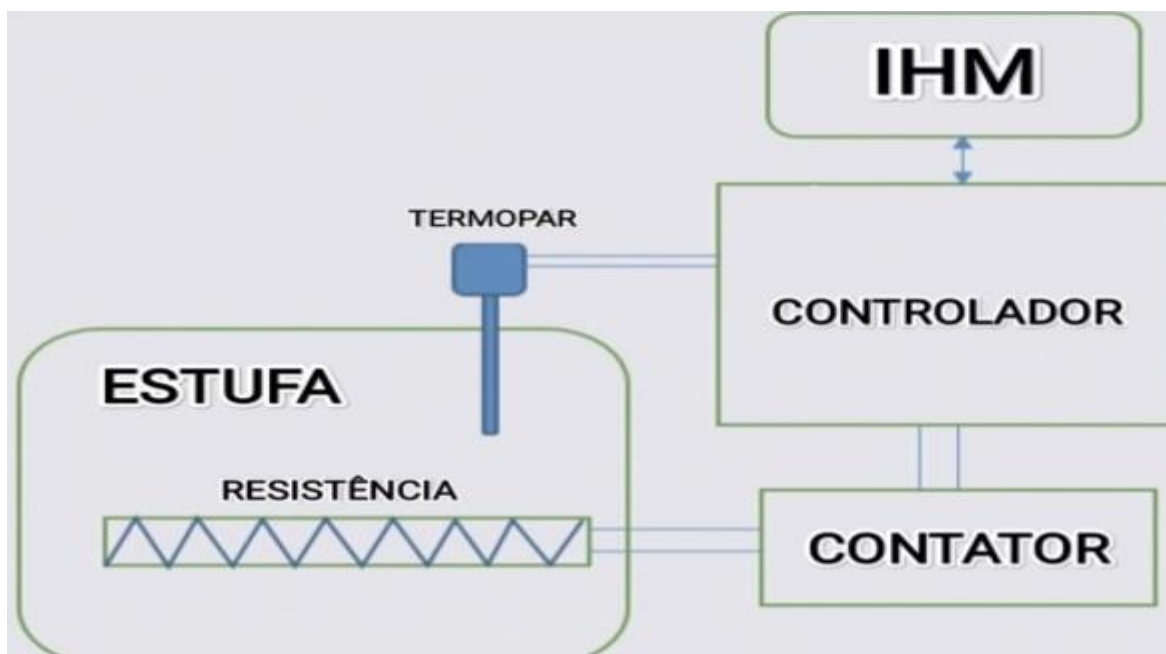


FIGURA 1 – Malha de controle de temperatura de estufa.
FONTE: Do próprio autor, 2025.

2.2.1 Termopares

O termopar é um sensor de temperatura que gera uma pequena tensão elétrica (efeito termoelétrico) quando a junção dos fios é aquecida ou resfriada. Essa tensão é proporcional à diferença de temperatura entre a junção e as extremidades dos fios, e é medida para determinar a temperatura. Os termopares são amplamente utilizados em sistemas de controle de temperatura, como estufas, devido à sua resistência, baixo custo e capacidade de operar em uma ampla faixa de temperaturas. Eles são muito eficazes em ambientes industriais e em processos que exigem medições precisas.

O termopar é utilizado em estufas para medir e monitorar a temperatura interna de forma precisa. Ele é instalado em locais estratégicos dentro da estufa, como próximo ao ar quente ou perto dos componentes eletrônicos, para detectar variações térmicas. Quando a temperatura muda, o termopar gera uma tensão elétrica proporcional à variação de temperatura, que é então enviada para um controlador digital de temperatura. Esse controlador utiliza a leitura do termopar para ajustar automaticamente o sistema de aquecimento, ligando ou desligando as resistências, garantindo que a temperatura interna da estufa se mantenha estável e dentro dos parâmetros necessários. O uso do termopar é essencial para evitar variações térmicas

que possam prejudicar o processo de secagem ou cura de componentes eletrônicos, assegurando a qualidade e a segurança do procedimento.



FIGURA 2 – Termopar haste.
FONTE: Resispar, 2025.



FIGURA 3 – Termopar tipo J baioneta.
FONTE: Resispar, 2025.



FIGURA 4 – Termopar tipo J com rosca.
Fonte: Resispar, 2025.

2.2.3 Controlador digital de temperatura

O controlador digital de temperatura é um dispositivo eletrônico usado para medir, ajustar e manter a temperatura em um sistema de forma precisa. Ele funciona a partir de sensores, como termopares ou sensores PT100, que captam a temperatura do ambiente ou do equipamento. Com base nos valores programados, o controlador compara a temperatura real com a desejada, acionando ou desligando dispositivos de aquecimento ou resfriamento — como resistências elétricas ou ventiladores — para manter a temperatura estável. Em estufas para componentes eletrônicos, esse controle é essencial para evitar variações térmicas que possam danificar os dispositivos, garantindo um processo seguro e eficiente.

Leitura da Temperatura: Controlador recebe a leitura da temperatura ambiente através de sensores, como termopares ou termistores, que estão posicionados dentro da estufa. Esses sensores detectam a temperatura atual do ambiente ou do componente eletrônico.

Comparação e Ajuste: Controlador compara a temperatura medida com a temperatura pré-programada pelo usuário. Se houver uma diferença entre a temperatura real e a desejada, o controlador envia sinais para ajustar o sistema de aquecimento ou resfriamento, ligando ou desligando as resistências elétricas, por exemplo.

Acionamento de Dispositivos: Com base na diferença de temperatura, o controlador atua diretamente sobre o sistema de aquecimento (como resistências). Quando a temperatura está abaixo do desejado, o controlador liga as resistências para aquecer o ambiente. Quando a temperatura atinge o valor ideal, ele desliga o sistema de aquecimento, evitando superaquecimento.



FIGURA 5 – Controladores de temperatura
FONTE: Omega Engineering, 2025.

2.2.3 Resistências Elétricas

O princípio das resistências elétricas baseia-se no efeito Joule, que é a conversão de energia elétrica em energia térmica. Quando uma corrente elétrica passa por um material resistivo — geralmente feito de ligas metálicas como o níquel cromo (NiCr) —, os elétrons colidem com os átomos do material, gerando calor. A quantidade de calor produzido depende de três fatores: a intensidade da corrente elétrica; a resistência elétrica do material; o tempo em que a corrente percorre a resistência.

No caso das estufas para componentes eletrônicos, as resistências elétricas são usadas para aquecer o ar interno de forma controlada, promovendo a secagem dos dispositivos sem ultrapassar os limites de temperatura que poderiam danificá-los.

As estufas industriais, incluindo as utilizadas para componentes eletrônicos, podem empregar diferentes tipos de resistências elétricas, dependendo da necessidade de temperatura, precisão e eficiência térmica. Os principais tipos são:

Resistências de Tubo Aletado: Feitas com um tubo metálico — geralmente aço inoxidável — com aletas (pás metálicas) ao redor. São usadas para aquecimento de ar, já que as aletas ampliam a área de dissipação de calor, tornando o aquecimento mais eficiente.



FIGURA 6 - Resistência De tubo Aletado.
FONTE: Resispar,2025.

Resistência Tipo cartucho: Cilíndricas e compactas, essas resistências oferecem um aquecimento rápido e uniforme. São usadas em estufas que precisam de controle preciso de temperatura, sendo inseridas em blocos metálicos ou superfícies sólidas.



FIGURA 7 – Resistência Tipo Cartucho.
FONTE: Ultraheat,2025.

Resistência Tipo cerâmica: Compostas por elementos resistivos encapsulados em cerâmica, oferecem excelente isolamento térmico e são usadas para altas temperaturas, sendo comuns em estufas que operam acima de 300°C.



FIGURA 8 - Resistência Tipo Cerâmica.
FONTE: Ultraheat,2025.

3 MATERIAIS UTILIZADOS

3.1 Chapa galvanizada.

A chapa galvanizada é uma chapa de aço que passa por um processo de galvanização, no qual é revestida com uma camada de zinco. Esse revestimento tem a principal função de proteger o aço contra a corrosão, aumentando sua resistência e durabilidade, especialmente em ambientes sujeitos à umidade e intempéries. A chapa galvanizada é amplamente utilizada em diversas áreas, como construção civil, fabricação de telhados, estruturas metálicas, peças automotivas e eletrodomésticos, devido à sua alta resistência à corrosão, o que contribui para a longevidade dos produtos fabricados com ela.



FIGURA 9 – Chapa Galvanizada.
FONTE: Distriferro, 2025.

3.2 Metalon.

Metalon é o nome comercial dado a perfis metálicos com seção tubular, geralmente fabricados em aço carbono, e muito utilizados na construção civil e em estruturas metálicas. Esses tubos podem ter formato quadrado, retangular ou redondo e são conhecidos pela sua resistência mecânica, durabilidade e versatilidade. Sua funcionalidade está relacionada à montagem de estruturas como suportes, grades, portões, corrimãos, bancadas e também em projetos industriais e arquitetônicos. Além

disso, o metalon pode ser facilmente cortado, soldado ou furado, o que o torna ideal para aplicações que exigem rigidez e acabamento estético ao mesmo tempo.



FIGURA 10 – Barra Metalon.

Fonte: Distriferro, 2025.

3.3 Contator de potência

Um contator de potência é um dispositivo eletromecânico usados para controlar cargas de alta potência, como motores elétricos, aquecedores, iluminação e outros dispositivos que demandam grande corrente. Ele funciona como uma chave elétrica, ligando ou desligando a corrente em um circuito de potência, controlado por um circuito de comando de menor potência.



FIGURA 11 – Contator de Potência JNG 18A 220V.

Fonte: Santil, 2025.

3.4 Disjuntor Bipolar

O disjuntor bipolar curva C é um dispositivo de proteção elétrica projetado para interromper automaticamente o circuito quando há sobrecarga ou curto-circuito em sistemas bifásicos. Ele atua em dois polos simultaneamente, protegendo ambos os condutores ao mesmo tempo, o que é essencial em redes de 220V, por exemplo. A curva C indica que o disjuntor suporta correntes de pico de até 5 a 10 vezes a sua corrente nominal antes de desarmar, sendo ideal para circuitos com cargas indutivas moderadas, como chuveiros elétricos, motores pequenos e ar-condicionado residenciais. É amplamente utilizado em instalações comerciais e residenciais, oferecendo segurança e eficiência no controle da corrente elétrica.



FIGURA 12: Disjuntor WEG MDW bipolar C20.
FONTE: Automatec, 2025.



Figura 13: Disjuntor WEG MDWP C10.
FONTE: Automatec, 2025.

3.5 Controlador digital Novus N1040i

É um dispositivo eletrônico utilizado para monitorar e regular a temperatura em sistemas industriais e laboratoriais com precisão e confiabilidade. Fabricado pela empresa Novus, esse controlador opera por meio de sensores como termopares ou termorresistências, ativando ou desligando cargas (como resistências ou sistemas de refrigeração) para manter a temperatura dentro de uma faixa programada. É amplamente utilizado em estufas, fornos, câmaras climáticas, processos de aquecimento industrial, além de aplicações em refrigeração e automação de processos que exigem controle térmico eficiente e contínuo.



FIGURA 14: Controlador NOVUS N1040i.
FONTE: GMC Automação, 2025

3.6 Tomada macho

Uma tomada macho (plugue macho) é a parte do cabo de um aparelho elétrico que se encaixa na tomada fêmea (a tomada na parede) para transmitir energia ao aparelho. Ela possui pinos metálicos que se conectam aos contatos da tomada, permitindo a passagem da corrente elétrica.



FIGURA 15 – Tomada Macho 10A.
FONTE: Casa das tomadas, 2025.

3.7 Sinaleiros vermelho e verde

Sinaleiro de painel elétrico é um dispositivo visual, geralmente em forma de luz indicadora, utilizado em painéis de comando para sinalizar o status de operação de máquinas, equipamentos ou circuitos elétricos. Sua principal funcionalidade é fornecer informações rápidas e claras aos operadores sobre condições como “ligado”, “desligado”, “falha” ou “sobrecarga”, através de cores padronizadas como verde, vermelho, amarelo e azul. É amplamente utilizado em sistemas de automação industrial, instalações elétricas e centros de controle, contribuindo para a segurança operacional e a tomada de decisões rápidas durante a supervisão de processos elétricos.



FIGURA 16 - Sinaleiro verde e vermelho 220-230V~ $\pm 20\text{mA}$.
Fonte: Automatec, 2025.

3.8 Termopar

Termopar é um sensor de temperatura utilizado para medir variações térmicas em processos industriais e laboratoriais. Ele funciona com base no princípio do efeito Seebeck, onde a junção de dois metais diferentes gera uma tensão elétrica proporcional à diferença de temperatura entre a extremidade de medição e a extremidade de referência. Essa tensão é então interpretada por controladores ou indicadores de temperatura. O termopar é amplamente utilizado por sua resistência, resposta rápida e ampla faixa de medição, sendo ideal para ambientes agressivos e aplicações que exigem monitoramento térmico preciso, como fornos, estufas, motores e sistemas de automação industrial.



FIGURA 17 – Termopar tipo J 3 fios cabo c/ malha 5m.
Fonte: Resispar, 2025.

3.9 Borne SAK.

Borne SAK é um tipo de conector utilizado em painéis elétricos para realizar a conexão e distribuição de condutores de forma organizada, segura e eficiente. Fabricado geralmente em termoplástico resistente e fixado sobre trilhos DIN, o borne SAK permite a interligação de fios sem a necessidade de emendas diretas, facilitando manutenções e alterações no sistema elétrico. Sua funcionalidade está em garantir um contato elétrico firme, reduzindo riscos de mau contato, aquecimento e falhas operacionais. É amplamente utilizado em painéis de controle, automação industrial e

sistemas de distribuição de energia, proporcionando praticidade e padronização nas ligações elétricas.

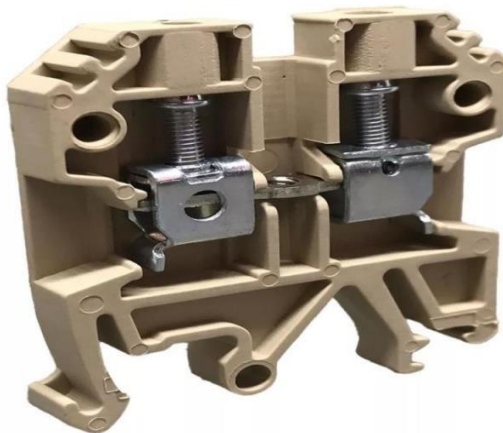


FIGURA 18 – Conexão borne SAK 4,0mm.
FONTE: Automatec, 2025.

3.10 Resistência Elétrica

A resistência elétrica é um componente que transforma energia elétrica em calor, utilizando o efeito Joule. No projeto da estufa, ela é responsável por gerar e manter a temperatura necessária para a secagem dos componentes eletrônicos, garantindo eficiência e segurança no processo.

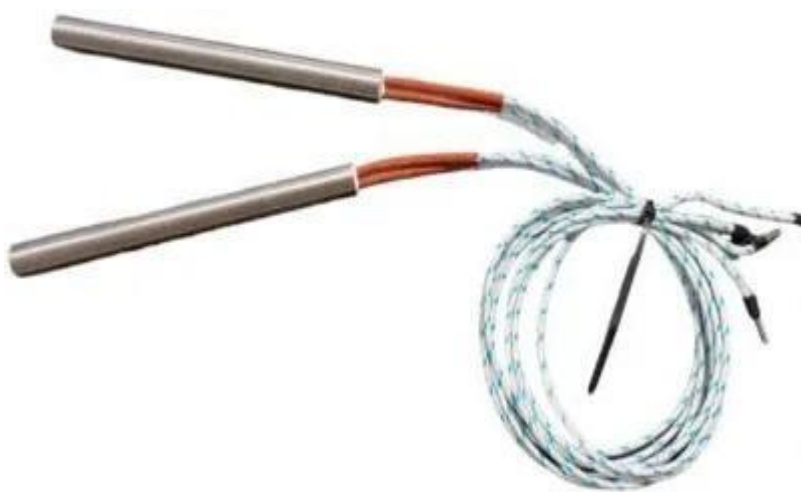


FIGURA 19 – Resistência tipo cartucho.
Fonte: ultraheat, 2025.

3.10 Lista de Materiais

Tabela 1: Materiais e Valores.

MATERIAIS	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Chapa galvanizada	6000x300mm	R\$147,99	R\$147,99
Metalon 15x15	6000mm	R\$70,00	R\$70,00
Contator de potência	2 pçs	R\$62,47	R\$124,94
Disjuntor Bipolar 20A	1 pç	R\$48,49	R\$48,49
Disjuntor Bipolar 10A	2 pçs	R\$31,80	R\$63,60
Controlador N1040i	1 pç	R\$551,74	R\$551,74
Tomada macho 10A	1 pç	R\$15,99	R\$15,99
Sinaleiro Verde	1 pç	R\$13,73	R\$13,73
Sinaleiro Vermelho	1 pç	R\$13,73	R\$13,73
Termopar	1 pç	R\$83,27	R\$83,27
Borne SAK	10 pçs	R\$53,00	R\$53,00
Custo do projeto			R\$1.186,48

FONTE: Do próprio autor, 2025.

4 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

4.1 Corte das barras de metalon e chapa galvanizada:

O processo inicia-se com a medição e marcação precisa das barras de metalon, conforme as dimensões definidas no projeto técnico. Em seguida, utiliza-se uma serra elétrica ou serra policorte para realizar os cortes, garantindo superfícies retas e bem acabadas, essenciais para a montagem estrutural.



FIGURA 20– Metalon e chapa galvanizada
FONTE: Do próprio autor, 2025



FIGURA 21 – Metalon
FONTE: Do próprio autor, 2025.

4.2 Soldagem das barras de metalon

Após o corte e o desbaste das barras de metalon, procede-se com a soldagem para montar a estrutura da estufa. As barras são posicionadas com o auxílio de esquadros para garantir alinhamento e ângulos corretos, conforme o projeto técnico. Utiliza-se um processo de soldagem adequado, como MIG ou eletrodo revestido, para unir firmemente as peças. É importante realizar pontos de solda iniciais para fixação, conferindo a geometria da estrutura, antes de efetuar a soldagem completa, assegurando resistência mecânica e estabilidade.



FIGURA 22 – Soldagem das barras de metalon
FONTE: Do próprio autor, 2025

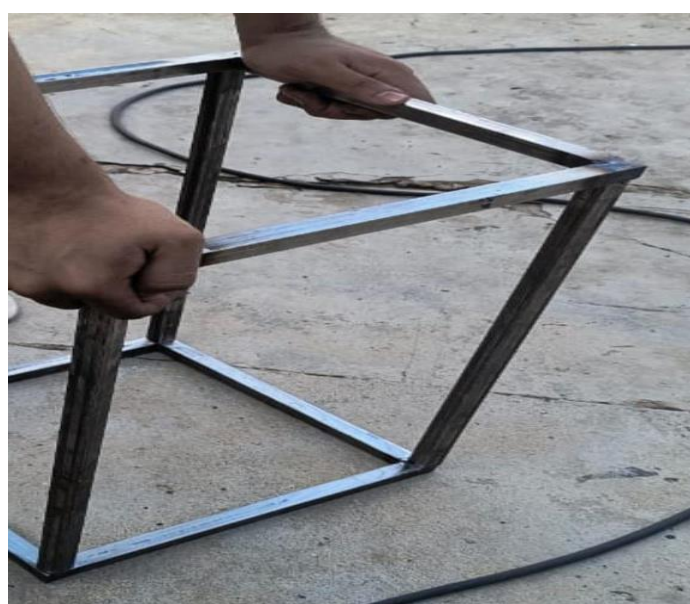


FIGURA 23 – Montagem da estrutura
FONTE: Do próprio autor, 2025

4.3 Fixação das chapas metálicas e cantoneiras

Com a estrutura da estufa já soldada, procede-se à fixação das chapas metálicas nas laterais, base e topo da estrutura. As chapas são previamente cortadas conforme as medidas do projeto e fixadas com parafusos, rebites ou solda, dependendo da necessidade de resistência ou desmontagem futura. Em seguida, são adicionadas cantoneiras metálicas nos cantos da estrutura, tanto para reforço quanto para acabamento, proporcionando maior proteção contra impactos e melhor estética ao conjunto.



FIGURA 24 – Corte das chapas galvanizadas
FONTE: Do próprio autor, 2025



FIGURA 25 – Furação das cantoneiras
FONTE: Do próprio autor, 2025



FIGURA 26 – Fixação das cantoneiras na estrutura
FONTE: Do próprio autor, 2025

4.4 Revestimento com malha térmica

Após a fixação das chapas metálicas, realiza-se o revestimento interno da estufa utilizando malha térmica. Esse material é aplicado nas superfícies internas para proporcionar isolamento térmico eficiente, reduzindo a perda de calor e protegendo a estrutura contra altas temperaturas. A malha é fixada com grampos, rebites ou cola resistente ao calor, garantindo aderência uniforme e cobertura completa das áreas expostas. Esse revestimento é fundamental para otimizar o desempenho térmico da estufa e garantir a segurança durante o seu funcionamento.



FIGURA 27 – Instalação da malha térmica
FONTE: Do próprio autor, 2025

4.5 Estrutura de fixação para o painel elétrico

Foi confeccionado um suporte resistente e adequado para posicionar o painel elétrico na parte traseira da estufa. O suporte foi projetado para garantir estabilidade e facilitar a futura fixação do painel, além de assegurar um bom posicionamento para a organização e a manutenção dos componentes elétricos.



FIGURA 28 – Fixação da estrutura do painel elétrico
FONTE: Do próprio autor, 2025

4.6 Desenho do esquema elétrico do projeto

Com a estrutura física da estufa finalizada, passa-se ao desenvolvimento do esquema elétrico. Este desenho técnico detalha a disposição e a interligação de todos os componentes elétricos do sistema, como resistências, sensores de temperatura, relés, controladores PID e fontes de alimentação. O esquema é elaborado utilizando softwares específicos de desenho elétrico ou manualmente, obedecendo às normas técnicas de representação. Esse passo é essencial para garantir a correta instalação, segurança operacional e manutenção futura do sistema elétrico da estufa.

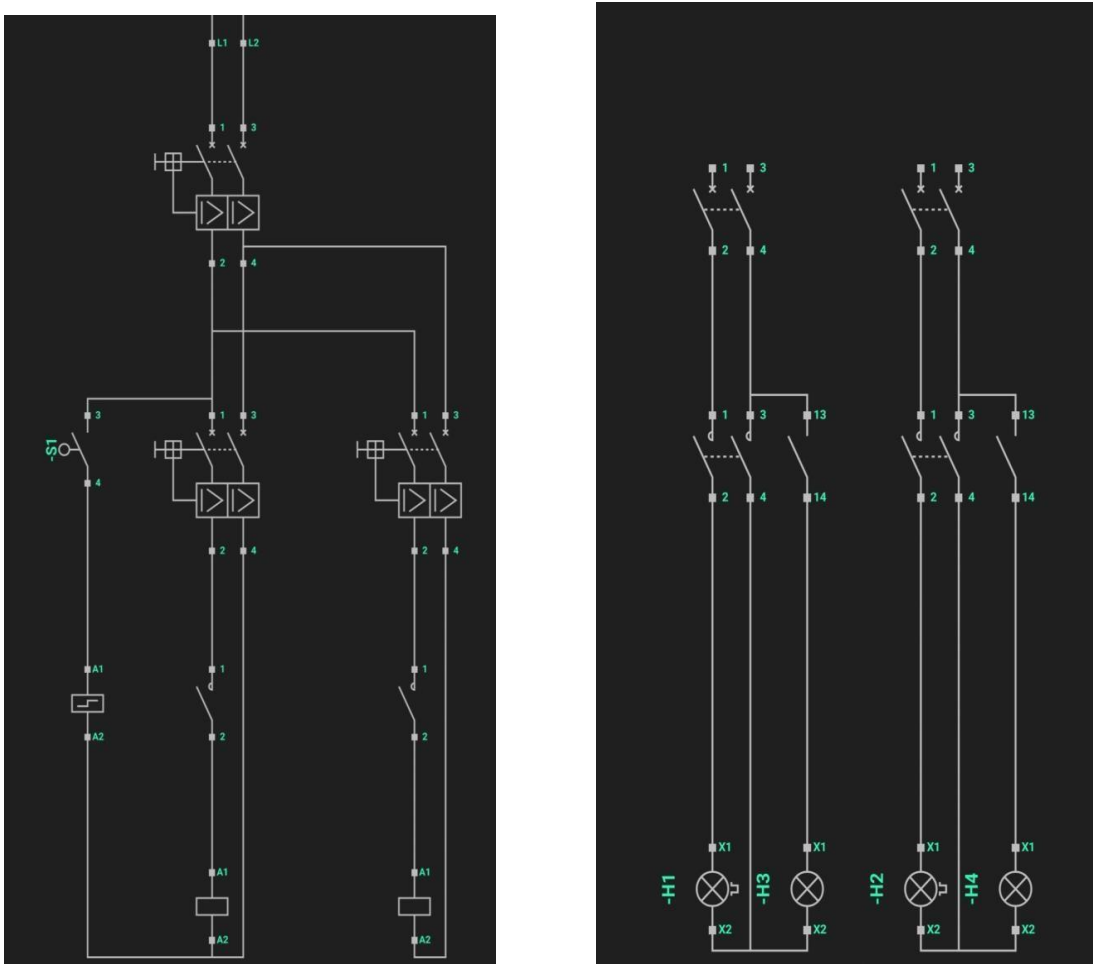


FIGURA 29 – Diagrama elétrico
FONTE: Do próprio autor, 2025

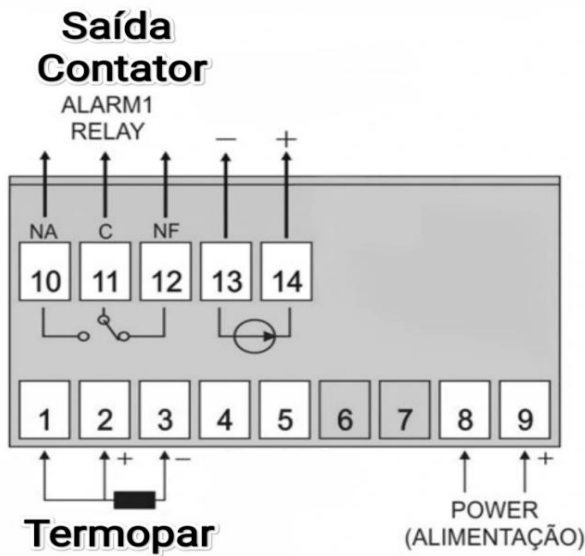


FIGURA 30 – Diagrama de ligação do controlador
FONTE: Do próprio autor, 2025

4.7 Instalação dos componentes de potência

Após a elaboração do esquema elétrico, são instalados os componentes de potência na placa de montagem, como resistências, relés de estado sólido, disjuntores e contactores. Cada componente é fixado de forma segura, respeitando o layout planejado e garantindo a dissipação de calor adequada. Em seguida, realiza-se a ligação elétrica dos componentes conforme o esquema elaborado, utilizando cabos com bitolas apropriadas e conexões firmes para assegurar a condução eficiente da corrente elétrica. Finalizada a montagem, são feitas verificações de continuidade e isolamento para garantir a segurança do sistema antes da energização.

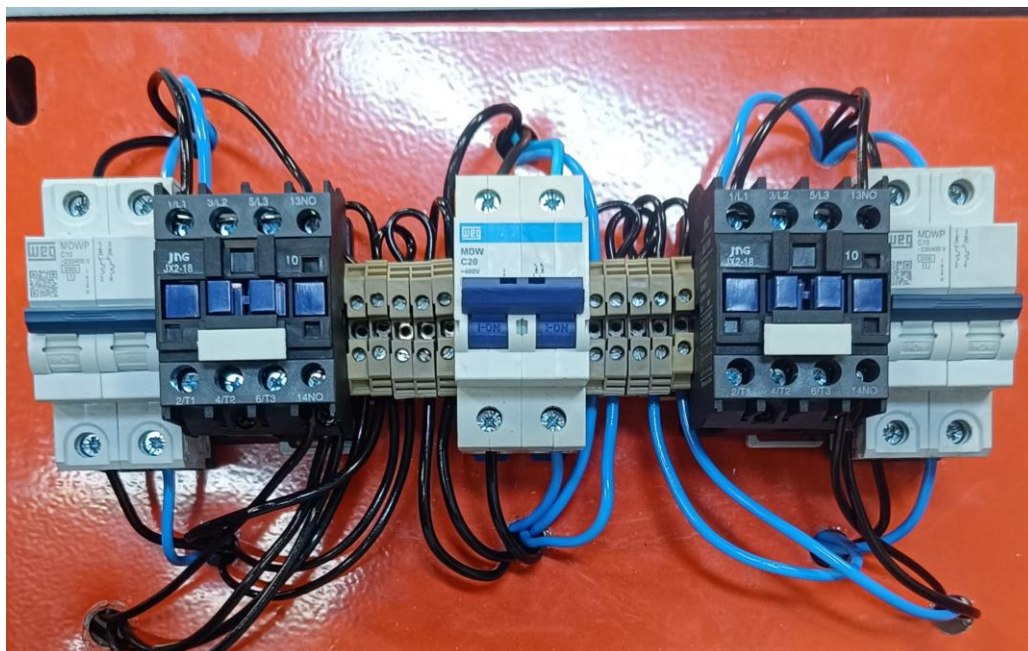


FIGURA 31 – Componentes de Potência
FONTE: Do próprio autor, 2025

4.8 Fixação do painel elétrico e montagem dos dispositivos de controle

Com os componentes de potência instalados, o painel elétrico é fixado na placa de montagem, garantindo firmeza e fácil acesso para operação e manutenção. Em seguida, são montados os dispositivos de interface e controle, como sinaleiros indicativos, chave liga/desliga e o controlador de temperatura (PID ou termostato digital). Esses elementos são fixados nas aberturas previamente feitas no painel, com conexões elétricas realizadas conforme o esquema projetado. A correta instalação

desses dispositivos assegura a funcionalidade do sistema, permitindo a visualização do status da estufa e o controle preciso de suas operações.



FIGURA 32– Painel de controle e sinalização
FONTE: Do próprio autor, 2025

4.9 Instalação da tomada de alimentação e conexão do termopar

Para finalizar a montagem elétrica, é instalada a tomada de alimentação no comando, permitindo a energização segura de todo o sistema da estufa. A tomada é fixada em local de fácil acesso, com a fiação devidamente isolada e protegida conforme as normas de segurança elétrica. Em seguida, realiza-se a conexão do termopar ao controlador de temperatura, posicionando o sensor em um ponto estratégico dentro da estufa para garantir a medição precisa do ambiente térmico. Essa etapa é fundamental para o funcionamento automático do sistema de aquecimento, assegurando o controle eficiente da temperatura interna.

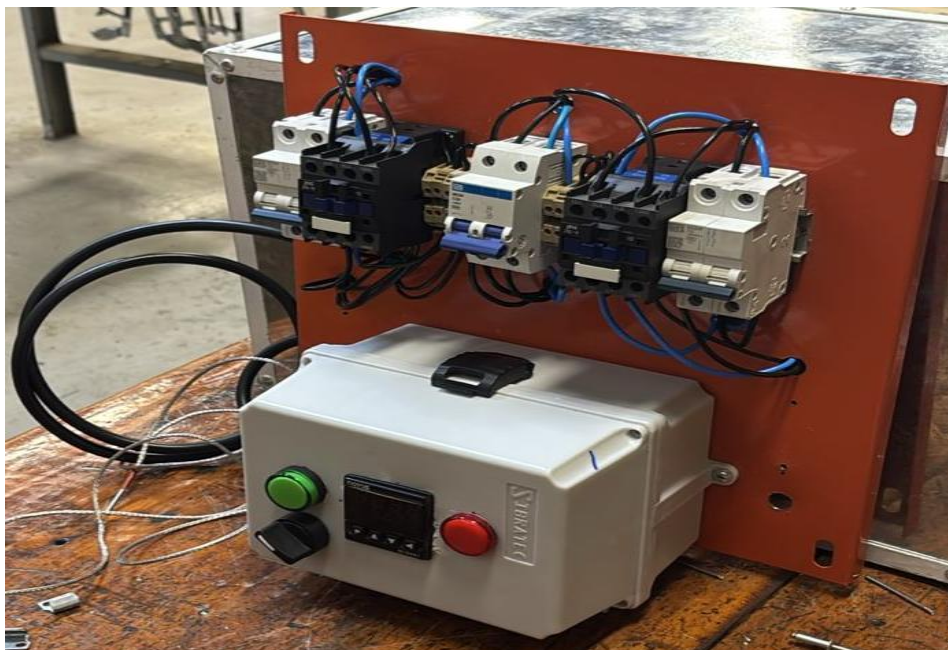


FIGURA 33 – Potência e comando do projeto
FONTE: Do próprio autor, 2025

4.10 Fixação do painel elétrico no suporte

O painel elétrico será fixado no suporte confeccionado na parte traseira da estufa, garantindo estabilidade e Segurança. A fixação será realizada com parafusos e elementos de fixação adequados, assegurando que o painel fique bem posicionado para facilitar a operação, o monitoramento e a manutenção do sistema elétrico da estufa.

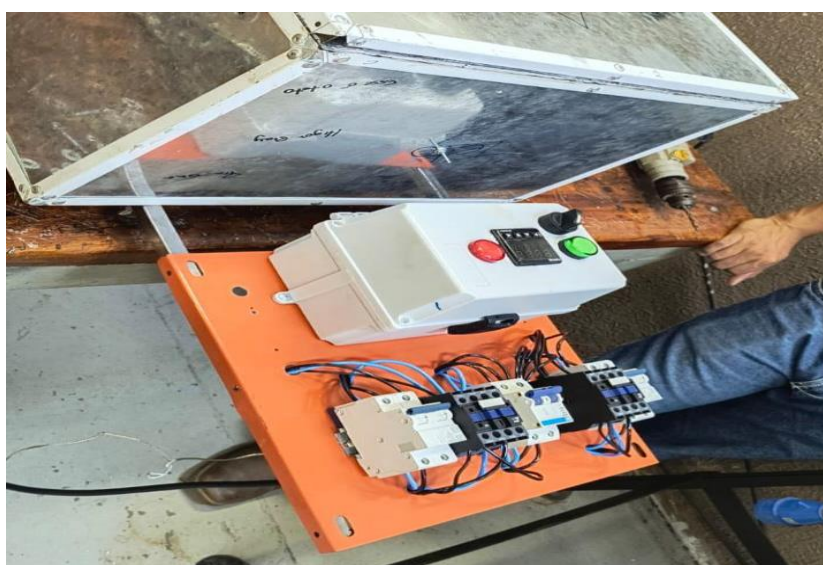


FIGURA 34 – Montagem do painel elétrico na estrutura
FONTE: Do próprio autor, 2025

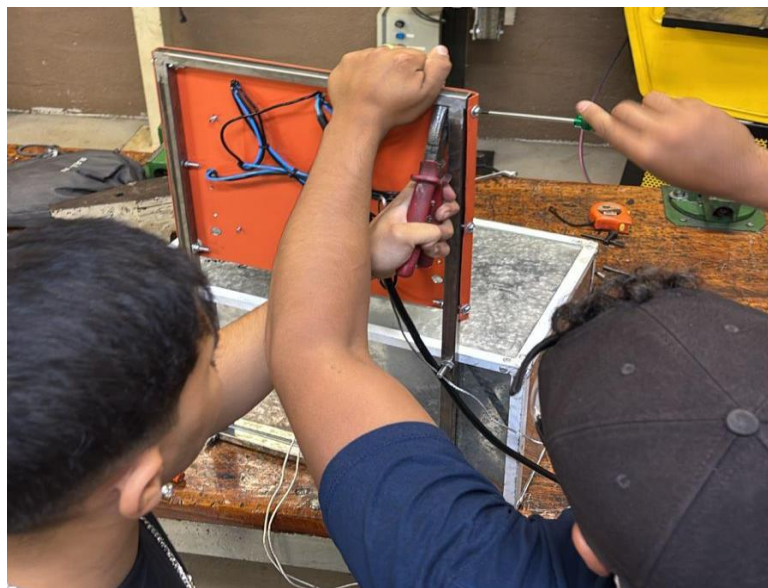


FIGURA 35 – Fixação e aperto dos parafusos da estrutura do painel elétrico
FONTE: Do próprio autor, 2025

4.11 Instalação de iluminação interna

A lâmpada foi instalada no interior da estufa, posicionada estrategicamente para garantir uma iluminação eficiente durante a operação e o monitoramento dos componentes. A fixação foi realizada com suportes adequados, e a ligação elétrica foi feita de forma segura, assegurando o funcionamento correto e a proteção contra calor e vibrações.



FIGURA 36 – Instalação de iluminação
FONTE: Do próprio autor, 2025

4.12 Instalação das resistências elétricas

As resistências elétricas foram instaladas na parte inferior da estufa, posicionadas estrategicamente para garantir uma distribuição uniforme do calor. Entre as resistências, foi instalado o termopar, responsável por monitorar a temperatura interna com precisão e enviar as Informações ao controlador. A fixação de ambos os componentes foi realizada com suportes adequados, assegurando estabilidade, segurança e eficiência no funcionamento do sistema de aquecimento e controle térmico.

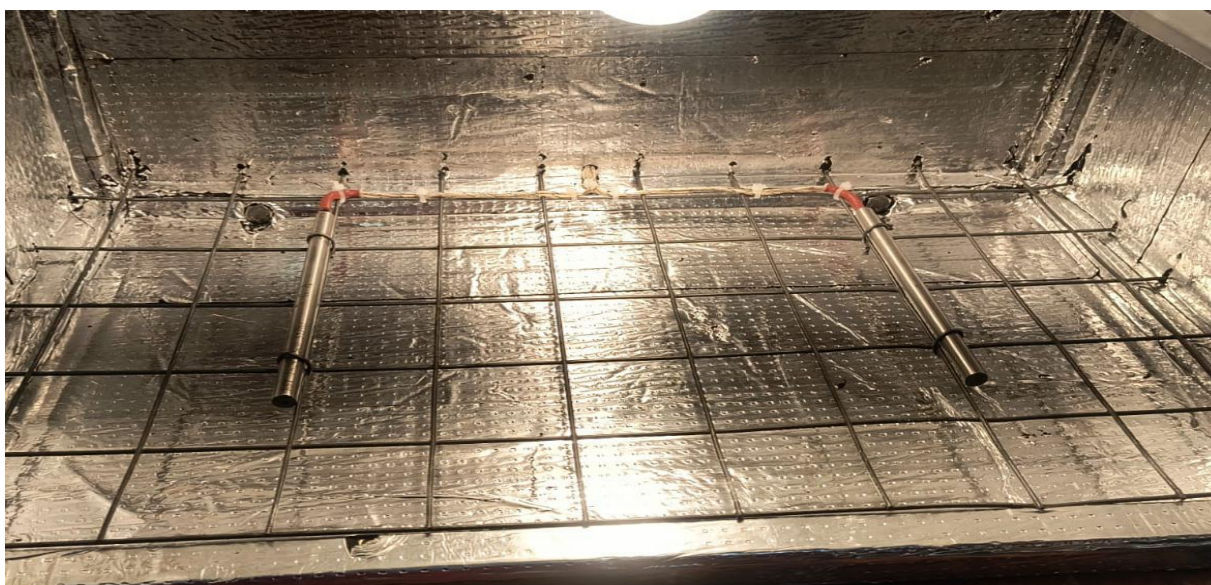


FIGURA 37 – Instalação das resistências
FONTE: Do próprio autor, 2025

4.13 Instalação da Grelha

A grelha foi instalada visando reduzir o contato dos componentes eletrônicos com o calor direto das resistências. A altura foi pensada de acordo com a melhor posição dos componentes, melhorando ainda mais a performance da estufa.



FIGURA 38 – Instalação da grelha
FONTE: Do próprio autor, 2025

4.14 Instalação das Rodinhas e Alça

As rodinhas e a alça foram instaladas para facilitar a movimentação e locomoção do equipamento.



FIGURA 39– Instalação das rodinhas
FONTE: Do próprio autor, 2025



FIGURA 40 – Instalação das rodinhas
FONTE: Do próprio autor, 2025

4.15 Pintura da Estrutura

Para finalização do projeto, foi realizado o acabamento da estrutura. Foi passado a primeira mão de tinta utilizando uma tinta preparatória para fixação. Após, foram passadas outras duas camadas de tinta de coloração preta.



FIGURA 41 – Spray preparatório para pintura
FONTE: Do próprio autor, 2025



FIGURA 42 – Pintura finalizada
FONTE: Do próprio autor, 2025

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As considerações finais deste projeto destacam a importância do desenvolvimento de uma estufa para componentes eletrônicos que promova o controle preciso de temperatura e umidade. Através da integração de sistemas automatizados, sensores digitais e controle térmico eficiente, foi possível projetar um equipamento capaz de remover a umidade acumulada em placas de circuito impresso e outros dispositivos, garantindo a integridade e aumentando a durabilidade dos componentes.

Os resultados obtidos durante os testes práticos confirmam a eficácia da estufa, evidenciando sua capacidade de manter a estabilidade térmica e realizar a secagem segura dos materiais sensíveis, o que contribui significativamente para a redução de falhas elétricas e para a confiabilidade dos produtos eletrônicos.

REFERÊNCIAS

Hermann, M.; Pentek, T.; Otto, B. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. Proceedings of the 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), 2016, p. 3928–3937. IEEE. DOI: 10.1109/HICSS.2016.488.

LISUN. O efeito da temperatura e umidade na confiabilidade do componente eletrônico. Disponível em: <https://pt.lisungroup.com/news/technology-news/the-effect-of-temperature-and-humidity-on-electronic-component-reliability.html>.

Melo, F. J. Monitoramento digital e automação em sistemas térmicos: aplicações em estufas industriais. Revista de Tecnologia Aplicada, v. 12, n. 1, p. 45-53, 2021.

Schwab, Klaus. A Quarta Revolução Industrial. São Paulo: Companhia das Letras, 2016.

Silva, R. S.; Oliveira, M. A. Controle térmico e ventilação em estufas: impactos na conservação de materiais sensíveis. Revista Brasileira de Engenharia, v. 25, n. 3, p. 150-158, 2019.