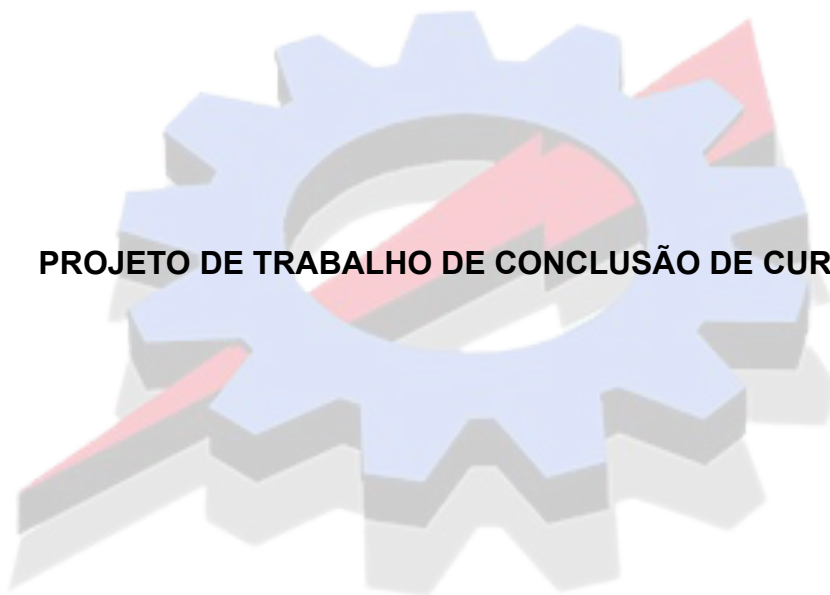


**ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL FREDERICO GUILHERME SCHMIDT**

**TÉCNICO EM ELETROMECAÂNICA**



**PROJETO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO TÉCNICO**

**CTO - CAIXA TRANSPORTADORA DE ÓRGÃOS**

**LUCAS DIAS DA SILVA  
MARINA EIBS DE OLIVEIRA**

**SÃO LEOPOLDO  
2025**

LUCAS DIAS DA SILVA  
MARINA EIBS DE OLIVEIRA

## **CTO - CAIXA TRANSPORTADORA DE ÓRGÃOS**

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso Técnico apresentado ao Curso de Eletromecânica da Escola Técnica Estadual Frederico Guilherme Schmidt como requisito para aprovação nas disciplinas do curso sob orientação do professor Marcos Augusto Bandini e coorientação do professor Marcos Rogério.

SÃO LEOPOLDO  
2025



## RESUMO

Atualmente, o transporte de órgãos no Brasil enfrenta desafios significativos, como a falta de padronização e a inadequação das embalagens existentes, que podem afetar a integridade do órgão e, conseqüentemente, o sucesso do transplante. O projeto consiste no desenvolvimento de uma caixa automatizada para o transporte de órgãos sólidos humanos, como coração, pulmão, rim, fígado e pâncreas. O objetivo é minimizar a perda de órgãos durante o transporte e otimizar as chances de sucesso do transplante, contribuindo para a melhoria das práticas logísticas no setor de saúde. A ideia surge da necessidade de melhorar a eficiência e segurança do transporte, atendendo às regulamentações estabelecidas pela ANVISA e Lei 9434/97. Com base em uma revisão do estado da arte e nas dificuldades identificadas, o projeto propõe a criação de uma caixa com um sistema de resfriamento avançado e controle de temperatura, utilizando tecnologias modernas como pastilhas Peltier e sistemas de isolamento térmico e proteção. A pesquisa abrange a análise dos requisitos técnicos e tecnológicos necessários, testes de desempenho, e a definição de um design ergonômico e eficiente. A caixa visa garantir a preservação das condições fisiológicas do órgão durante o transporte, facilitando o manuseio e reduzindo o impacto dos choques e variações térmicas. Desse modo, espera-se desenvolver uma caixa compacta e fácil de carregar, garantindo a proteção contra impactos, visando melhor qualidade, além de oferecer uma solução econômica e eficaz.

Palavras-chave: transporte de órgãos; caixa automatizada; controle de temperatura; resfriamento avançado; segurança do transplante.

## **ABSTRACT**

Currently, the transportation of organs in Brazil faces significant challenges, such as the lack of standardization and the inadequacy of existing packaging, which can affect the integrity of the organ and, consequently, the success of the transplant. The project consists of the development of an automated box for the transportation of solid human organs, such as the heart, lungs, kidneys, liver, and pancreas. The objective is to minimize organ loss during transportation and optimize the chances of transplant success, contributing to the improvement of logistical practices in the health sector. The idea arises from the need to improve the efficiency and safety of transportation, complying with regulations established by ANVISA and Law 9434/97. Based on a review of the state of the art and the identified difficulties, the project proposes the creation of a box with an advanced cooling system and temperature control, using modern technologies such as Peltier elements and thermal insulation and protection systems. The research encompasses the analysis of the necessary technical and technological requirements, performance testing, and the definition of an ergonomic and efficient design. The box aims to ensure the preservation of the physiological conditions of the organ during transportation, facilitating handling and reducing the impact of shocks and thermal variations. In this way, the project aims to develop a compact and easy-to-carry box, ensuring protection against impacts, providing better quality, as well as offering an economical and effective solution.

**Keywords :** organ transportation; automated box; temperature control; advanced cooling; transplant safety.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Processo de logística	17
Figura 2 - Armazenamento dos órgãos	21
Figura 3 - Efeito peltier	23
Figura 4 - Giroscópio	25
Figura 5 - Cooler	26
Figura 6 - Bateria de lítio 12V e carregador	27
Figura 7 - Impressora 3D Ender	28
Figura 8 - Caixa térmica 18L	31
Figura 9 - Controlador de temperatura com termômetro	31
Figura 10 - Dissipador com cooler 12V	32
Figura 11 - Chapa de alumínio	33
Figura 12 - Proteção de alumínio	33
Figura 13 - Pastilha de peltier	34
Figura 14 - Chave alavanca 12V	35
Figura 15 - Pasta térmica	36
Figura 16 - Medidor de bateria 12V	36
Figura 17 - Bateria de lítio ítio 12V	37
Figura 18 - Suporte da bateria no solidworks	37
Figura 19 - Suporte da bateria pronto	38
Figura 20 - Suporte encaixado na bateria	38
Figura 21 - Guimbal no solidworks	39
Figura 22 - Visão superior do guimbal na caixa	39
Figura 23 - Pote no solidworks	40
Figura 24 - Arco circular no solidworks	41
Figura 25 - Pino no solidworks	42
Figura 26 - Rolamento	42
Figura 27 - Suporte do guimbal no solidworks.	43
Figura 28 - Parafuso allen M4x35mm.	44
Figura 29 - Porca M4.	45
Figura 30 - Arruela para parafuso M4.	45
Figura 31- Fio de cobre 3mm.	46
Figura 32 - Fita isolante.	46

Figura 33 - EVA.	47
Figura 34 - Cola super bonder.	48
Figura 35 - Cooler com dissipador.	48
Figura 36 - Teste dos componentes.	49
Figura 37 - Corte da caixa para o cooler com dissipador.	50
Figura 38 - Bateria conectada em seu suporte.	51
Figura 39 - Suporte da bateria, controlador de temperatura e nível da bateria.	51
Figura 40 - Cooler e chave alavanca fixado pela proteção de alumínio.	52
Figura 41 - Caixa pronta lado da bateria.	52
Figura 42 - Caixa pronta lado do cooler.	53
Figura 43 - Diagrama Elétrico	53

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Estado da Arte	14
Tabela 2 – Tempo de Isquemia	20
Tabela 3 – Cronograma	54
Tabela 4 – Cronograma 2025	55
Tabela 5 – Recursos	56

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
RDC	Regime Diferenciado de Contratações Públicas
FAB	Força Aérea Brasileira
SNT	Sistema Nacional de Transplantes
OPO	Organização de Procura de Órgãos
CNT	Central Nacional de Transplantes
CNCDO	Centrais de Notificação, Captação e Distribuição de órgãos

## LISTA DE SÍMBOLOS

°C – Graus Celsius

V – Volts

Ø – Diâmetro

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b>	<b>2</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>3</b>
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</b>	<b>4</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>6</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	<b>8</b>
<b>SUMÁRIO</b>	<b>9</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
1.1 TEMA E SUA DELIMITAÇÃO	12
1.2 PROBLEMA	12
1.3 OBJETIVOS	12
<b>1.3.1 Objetivo Geral</b>	<b>12</b>
<b>1.3.2 Objetivos Específicos</b>	<b>12</b>
1.4 JUSTIFICATIVA	13
<b>2 ESTADO DA ARTE</b>	<b>15</b>
2.1 MELHORIA E VALIDAÇÃO DE UMA EMBALAGEM DESENVOLVIDA PARA O TRANSPORTE DE ÓRGÃOS APLICANDO TECNOLOGIAS HABILITADORAS PARA A INDÚSTRIA 4.0 EM COMPARAÇÃO COM CTO	15
2.2 CATROR - CAIXA TRANSPORTADORA DE ÓRGÃOS EM COMPARAÇÃO COM CTO	16
2.3 CAIXA DE TRANSPORTE DE ÓRGÃOS AUTOMATIZADA EM COMPARAÇÃO COM CTO	16
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>17</b>
3.1 TRANSPLANTE DE ÓRGÃOS NO BRASIL	17
<b>3.1.1 Lei nº 9.434</b>	<b>18</b>
3.2 IMPORTÂNCIA DO TRANSPORTE DE ÓRGÃOS	19
3.3 ASPECTOS LOGÍSTICOS E OPERACIONAIS	19
<b>3.3.1 Lei nº 14.858</b>	<b>20</b>
3.4 ÓRGÃOS PARA TRANSPLANTE	20
<b>3.4.1 Tempo de isquemia</b>	<b>21</b>
3.5 ARMAZENAGEM DOS ÓRGÃOS	21
3.6 REQUISITOS TÉCNICOS E TECNOLÓGICOS	22
3.7 EFEITO PELTIER	23
3.8 PASTILHA DE PELTIER	24
3.9 MOVIMENTO DE GUIMBAL	25
<b>3.9.1 Giroscópio</b>	<b>25</b>
3.10 MATERIAIS UTILIZADOS	26
<b>3.10.1 Controlador de temperatura com termômetro</b>	<b>26</b>
<b>3.10.2 Cooler</b>	<b>27</b>
<b>3.10.3 Dissipador de calor</b>	<b>27</b>
<b>3.10.4 Bateria de lítio 12V</b>	<b>27</b>



3.10.5 Impressora 3D Ender	28
<b>4 METODOLOGIA</b>	<b>30</b>
4.1 TIPO DE PESQUISA	30
4.2.FUNÇÃO DOS COMPONENTES	31
4.2.1 Caixa térmica 18L	31
4.2.2 Controlador de temperatura com termômetro	32
4.2.3 Dissipador com cooler 12V	33
4.2.4 Proteção de alumínio	33
4.2.5 Pastilha de peltier	35
4.2.6 Chave alavanca 12V	35
4.2.7 Pasta térmica	36
4.2.8 Medidor de bateria 12V	37
4.2.9 Bateria de lítio 12V	37
4.2.10 Suporte para bateria 12V	38
4.2.11 Guimbal	40
4.2.11.1 Pote do guimbal	41
4.2.11.2 Arco circular do guimbal	41
4.2.11.3 Pinos do guimbal	42
4.2.11.4 Rolamentos do guimbal	43
4.2.11.5 Suporte do guimbal	44
4.2.12 Elementos de fixação e proteção	44
4.2.12.1 Parafusos allen M4x35mm	44
4.2.12.2 Porca M4	45
4.2.12.3 Arruela para parafuso M4	46
4.2.12.4 Fio Ø3mm de cobre	47
4.2.12.5 Fita isolante	47
4.2.12.6 Folhas de EVA	48
4.2.12.7 Cola super Bonder	48
4.3 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO C.T.O. CAIXA TRANSPORTADORA DE ÓRGÃOS.	49
4.4 DIAGRAMA ELÉTRICO	54
<b>5 CRONOGRAMA</b>	<b>55</b>
<b>6 RECURSOS</b>	<b>57</b>
<b>7 RESULTADOS PARCIAIS</b>	<b>59</b>
<b>8 CONCLUSÃO</b>	<b>60</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>61</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O processo cirúrgico de transplantar pode ser definido, segundo a Associação Brasileira de Transplante de Órgãos - ABTO (2004), como o procedimento cirúrgico que consiste na reposição de um órgão ou tecido de uma pessoa doente (receptor) por outro órgão normal de um doador, morto ou vivo.

O transplante de órgãos humanos é um procedimento complexo e delicado, possuindo várias etapas em sua logística. E o seu transporte cabe a oferecer as condições corretas de acordo com a Lei 9434/97 (BRASIL, 1997), em conjunto com a RDC 66/09 (ANVISA, 2009). Atualmente, o transporte do órgão envolve protegê-lo em três sacos estéreis cheios de gelo para que não ocorra nenhum acidente, e depois posicioná-lo dentro de uma caixa térmica. Sem ser padronizado e não seguindo os critérios da RDC 66/09.

Segundo a Organização Brasileira de Transplantes de Órgãos, os problemas logísticos são responsáveis por 5% a 10% das causas de não efetivação de doação (ANDRIOLI, 2015). Por não obter as devidas regulamentações no transporte, pessoas são afetadas. Tendo em vista que inúmeras vezes o procedimento é a última esperança do paciente sobreviver.

Em entrevista com a Professora Doutora Bartira Aguiar Roza (2016), obteve-se a informação que, além dos problemas com as embalagens afetando as condições de acondicionamento e aumentando o risco de congelamento do órgão, há também a dificuldade de manuseio por parte da equipe de captação, responsáveis pela coleta do material. O excesso de gelo aumenta o peso da embalagem e dificulta ainda mais o carregamento da caixa, impactando diretamente na saúde do responsável pelo manuseio.

Apesar da melhoria no sistema de transporte, o Brasil ainda perde mais de três órgãos destinados à doação. Há um ano e meio, uma série de reportagens do Globo revelou que recusas da Força Aérea Brasileira (FAB) estavam impedindo o envio de órgãos para transplante pela falta de cuidados no meio de transporte e dos doadores. A ANVISA define regulamentos para o transporte de órgãos, garantindo sua integridade e evitando contaminação. A escolha da via de transporte e embalagem apropriadas são extremamente cruciais.

Problemas logísticos podem levar à perda de órgãos doados, destacando a necessidade de investir em infraestrutura, capacitação e simplificação de processos.

Segundo (Campos, 2024) “A ausência de um sistema logístico adequado é uma das principais causas de perda de órgãos para transplantes. Precisam ser devidamente transportados, manipulados e armazenados de forma cuidadosa para manter sua integridade e garantir o sucesso do transplante”.

Com os pontos de melhoria existentes, visamos desenvolver uma caixa para transporte de órgãos sólidos humanos (coração, pulmão, rim, fígado e pâncreas). Garantindo-se que as condições fisiológicas do órgão sejam preservadas, para melhor chance de aprovação do paciente. Melhorando questões de segurança e resfriamento do órgão, para uma longa duração. E a diminuição dos impactos do mesmo. Além de facilitar o manuseio para o responsável durante o deslocamento.

## 1.1 TEMA E SUA DELIMITAÇÃO

Caixa automatizada que viabiliza transporte de órgãos para transplante na área da saúde, visando aumentar sua longevidade e praticidade.

## 1.2 PROBLEMA

Como desenvolver uma caixa transportadora de órgãos capaz de prolongar a vitalidade e otimizar as condições de transporte do mesmo?

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo Geral

- Desenvolver uma caixa transportadora de órgãos com um sistema de resfriamento e controle de temperatura que visa a manter a vida útil do órgão por mais tempo, evitando possíveis impactos no seu deslocamento.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Selecionar os materiais que serão utilizados no protótipo, visando as eficiências.

- Adicionar um controlador eletrônico para monitoração e manutenção da temperatura ideal.
- Elaborar sistema de vedação para melhor execução do controlador de temperatura.
- Utilizar a melhor bateria capaz de manter a caixa com maior durabilidade e eficiência para conectar o dispositivo.

#### 1.4 JUSTIFICATIVA

A complexidade do transplante de órgãos, conforme descrito pelo Ministério da Saúde (2019), trata-se do fato de ser um procedimento cirúrgico complexo e delicado, cujo objetivo é substituir o órgão comprometido de um paciente por um órgão saudável proveniente de um doador, seja ele morto ou vivo. Esse procedimento tem se tornado um pilar fundamental na medicina moderna, muitas vezes representando a última esperança de vida para pacientes em estado crítico. Devido à sua importância vital, cada etapa do processo de transplante requer atenção minuciosa e cuidados rigorosos.

Entre as etapas cruciais do transplante, o transporte do órgão destaca-se como um dos momentos mais críticos e desafiadores. Este processo envolve não apenas a logística do transporte em si, mas também a necessidade de se respeitar todos os regulamentos em vigor, que foram estabelecidos para garantir a segurança e a viabilidade dos órgãos durante o percurso até quem irá receber. A regulamentação é essencial para assegurar que o órgão mantenha sua funcionalidade e esteja em condições ideais para o transplante, minimizando riscos de rejeição ou falhas pós-transplante.

Entretanto, apesar da importância das regulamentações, o meio de conservação atual dos órgãos apresenta desafios que, muitas vezes, comprometem o sucesso do transplante. Diversas complicações podem surgir durante o transporte devido à inadequação dos métodos de conservação e das condições de manuseio. O tempo é um fator crítico, pois quanto mais tempo o órgão permanece fora do corpo humano, maiores são as chances de degradar, o que pode inviabilizar o transplante. Além disso, o manuseio inadequado e a armazenagem temporária dos

órgãos, se não forem realizados de forma correta, podem comprometer a integridade do órgão, tornando-o impróprio para uso.

Um dos principais motivos para a perda de órgãos destinados ao transplante está relacionado aos compartimentos especiais usados atualmente para o transporte. Esses compartimentos, apesar de projetados para manter as condições necessárias de conservação, muitas vezes falham em proteger completamente o órgão das variáveis externas, como temperatura, umidade e choques mecânicos. Isso resulta em uma vulnerabilidade que infelizmente pode levar à perda do órgão, e consequentemente, à perda de uma chance de vida para o paciente.

Visando diminuir os riscos do seu deslocamento e também aumentar o tempo que o órgão se mantém vivo. Esse projeto tem o objetivo de desenvolver uma caixa para manuseio e transporte de órgãos sólidos humano (coração, pulmão, rim, fígado e pâncreas).

2 ESTADO DA ARTE

Tabela 1 - Estado da Arte

Pesquisa	Autoria	Ano de publicação
Melhoria e validação de uma embalagem desenvolvida para o transporte de órgãos aplicando tecnologias habilitadoras para a indústria 4.0	Camila Nunes Mollo, Daniela Mika, Sonohara, Luiza Precioso Souza e Tatiana Baghtchedjian Prata	2018
Catror - Caixa Transportadora de Órgãos	Maria Eduarda Forneck de Limas, Maria Eduarda Flores e Esther Gehm Becker	2022
Caixa de transporte de órgãos automatizada	Rafaela Ribas	2022

Fonte: os autores (2024)

2.1 MELHORIA E VALIDAÇÃO DE UMA EMBALAGEM DESENVOLVIDA PARA O TRANSPORTE DE ÓRGÃOS APLICANDO TECNOLOGIAS HABILITADORAS PARA A INDÚSTRIA 4.0 EM COMPARAÇÃO COM CTO

O projeto realizado no centro universitário do Instituto Mauá de tecnologia - CEUN-IMTo, e o CTO - caixa transportadora de órgãos, visam resolver problemas logísticos e de preservação associados ao transporte de órgãos para transplante, mas apresentam abordagens e inovações distintas. Enquanto esse projeto apresenta inovações significativas no design da embalagem e no controle de temperatura, eliminando a necessidade de gelo e reduzindo o peso, entretanto, o CTO se diferencia por uma abordagem mais abrangente, focando também em questões regulatórias, logísticas e de capacitação. Propondo uma solução mais integrada e voltada para a melhoria de todo o sistema de transporte de órgãos, não apenas da embalagem em si.

## 2.2 CATROR - CAIXA TRANSPORTADORA DE ÓRGÃOS EM COMPARAÇÃO COM CTO

O projeto CATROR se destaca por inovações no controle de temperatura e design leve, já o CTO se diferencia pela inclusão de um sistema de monitoramento remoto em tempo real, conformidade regulatória rigorosa, abordagem holística que abrange desde a infraestrutura até a capacitação, e um design que facilita o manuseio e preserva as condições fisiológicas do órgão.

## 2.3 CAIXA DE TRANSPORTE DE ÓRGÃOS AUTOMATIZADA EM COMPARAÇÃO COM CTO

No projeto existem algumas similaridades que é que ambos visam desenvolver uma caixa de transporte refrigerada para órgãos, focando na preservação da integridade do órgão durante o transporte e buscam melhorar a eficiência e segurança do transporte de órgãos.

Este projeto se concentra na criação de uma caixa refrigerada eficiente para minimizar os riscos de isquemia e otimizar o ciclo de transporte, o CTO oferece uma solução mais avançada e abrangente, com monitoramento remoto em tempo real, conformidade regulatória rigorosa, melhorias ergonômicas, e um enfoque abrangente na infraestrutura e capacitação. Esses diferenciais tornam o projeto CTO uma proposta mais completa e eficaz para o transporte de órgãos para transplante.

### **3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

A eficácia no transporte de órgãos para transplante é um fator crucial para o sucesso do procedimento cirúrgico e, conseqüentemente, para a sobrevivência e recuperação do receptor. Este projeto visa o desenvolvimento de um protótipo de uma caixa para transporte de órgãos com maior eficiência, sendo pesquisado os problemas atuais do armazenamento, e como o protótipo poderá solucionar tais questões.

#### **3.1 TRANSPLANTE DE ÓRGÃOS NO BRASIL**

O transplante é um processo complexo e altamente regulado que visa salvar a vida e melhorar a qualidade de vida de pacientes com doenças terminais ou graves. Baseado na transferência de órgãos de um indivíduo para o outro. De acordo com o SNT, o Brasil possui um dos maiores programas públicos de transplante de órgãos e tecidos do mundo. Com 548 estabelecimentos de saúde e 1.376 equipes médicas autorizados a realizar transplantes, em 2009 foram realizados 5.998 transplantes (SNT, 2010).

Segundo o relatório desenvolvido pela OPO do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de São Paulo (2004) o processo se inicia com a identificação e manutenção de potenciais doadores. Se possuírem a autorização da família para a doação, o processo pode continuar, assim a função dos órgãos deve ser mantida artificialmente para o receptor.

A Central de Transplantes inicia os testes de compatibilidade entre o doador e os potenciais receptores, que aguardam em lista de espera. Quando há casos que existe mais de um receptor compatível, será avaliado o tempo de espera e urgência do caso. Após isso, a Central de Transplantes emite uma lista de potenciais receptores e notifica os hospitais e as equipes de transplantes responsáveis.



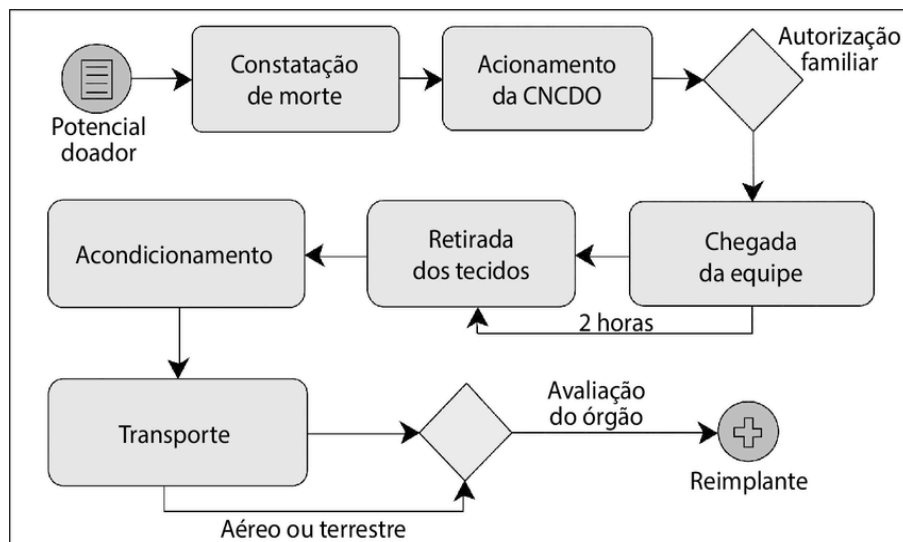
As equipes de transplantes, junto à Central de Transplantes, adotam as medidas necessárias como o meio de transporte, cirurgiões e equipe multidisciplinar, para a realização do transplante dos órgãos.

### 3.1.1 Lei nº 9.434

Se trata sobre a remoção de órgãos, tecidos e partes do corpo humano para fins de transplante e tratamento.

1º O transporte previsto será gratuito e coordenado pelo Sistema Nacional de Transplantes (SNT), por meio da Central Nacional de Transplantes (CNT), realizado de forma articulada entre o remetente, o transportador e o destinatário, nos termos de acordo firmado para esse fim, em tempo e condições adequados para cada tipo de órgão, tecido ou parte do corpo, garantindo-se a qualidade, a segurança e a integridade do material, conforme as disposições de regulamento (Ministério da Saúde 2024).

Figura 1- Processo de logística



Fonte: researchgate (2016)

### 3.2 IMPORTÂNCIA DO TRANSPORTE DE ÓRGÃOS

O transporte é um dos processos logísticos para que possa ocorrer o sucesso de um transplante. Quando existe a necessidade de transporte do órgão, a criticidade do transplante aumenta, pois este fica mais vulnerável, necessitando de uma abordagem mais metódica em fatores como, o seu tempo de isquemia, crucial para sua viabilidade, temperaturas ideais e a qualidade do armazenamento.

O objetivo da regulamentação do transporte de órgãos é minimizar os riscos sanitários e garantir que as condições fisiológicas do órgão sejam preservadas, reduzindo assim as possibilidades de rejeição do paciente (BARBANO, 2009).

A sua padronização diante ao sistema de transporte é essencial para aumentar a velocidade do mesmo, para a chegada do órgão até o receptor. Além de garantir as condições apropriadas para a conservação do órgão e consequentemente a diminuição da possibilidade de rejeição.

É notável que a eficiência do transporte transcende apenas a ideia que o processo seja algo simples, dando notoriedade às atividades logísticas de armazenagem, manuseio de materiais, embalagem de proteção, obtenção, programação de produtos e manutenção de informação.

### 3.3 ASPECTOS LOGÍSTICOS E OPERACIONAIS

O transporte de órgãos envolve uma complexa cadeia logística que abrange desde a remoção do órgão do doador até o transplante no receptor. Sendo um processo que passa por diversas pessoas, sua complexidade na operação aumenta. Dependendo da distância e meio de locomoção, a preservação do órgão se torna essencial. Cada órgão tem sua peculiaridade, um coração, por exemplo, tem qualidade para transplante dentro de intervalo de quatro horas sem irrigação sanguínea, ou seja, transportar um coração é uma luta contra o tempo.

Segundo o Ministério da Saúde, em alguns Estados do Brasil, quase 60% dos transplantes realizados necessitam de logística aérea, comercial ou militar. O transporte aéreo de órgãos é realizado por empresas de aviação civil e companhias aéreas, sempre em parceria com a FAB (Força Aérea Brasileira). Hoje, o Decreto

9.175/17 determina o auxílio da FAB no transporte de órgãos para transplante, caso não exista a possibilidade da demanda ser atendida por meio do apoio com empresas de aviação civil.

A segurança do órgão vem tanto da pessoa responsável de carregar e da locomoção, quanto a embalagem de armazenamento utilizada. A caixa utilizada no transporte deve ser compatível com os requisitos desse processo, garantindo que o órgão seja manuseado com segurança e eficiência. As especificações da caixa devem permitir fácil acesso para a inserção e remoção do órgão, ao mesmo tempo em que asseguram a integridade e proteção do mesmo durante o percurso.

### **3.3.1 Lei nº 14.858**

Art. 13-A. Os órgãos públicos civis, as instituições militares e as empresas públicas e privadas que operem ou utilizem veículos de transporte de pessoas e cargas, por via terrestre, aérea ou aquática, são obrigados a dar prioridade ao transporte de órgãos, tecidos e partes do corpo humano para fins de transplante e tratamento e de integrantes da equipe de captação e distribuição de órgãos que acompanhará o transporte do material. ( Ministério da Saúde 2024).

## **3.4 ÓRGÃOS PARA TRANSPLANTE**

Órgãos são estruturas compostas por grupos de tecidos, com o funcionamento para a sobrevivência do organismo humano. Cada um desempenha uma função específica e essencial para o corpo. Podendo ser dividido em duas categorias por sua anatomia, órgãos sólidos e órgãos ocupados por cavidades. Os sólidos possuem na sua categoria os rins, fígado, pulmão, coração e pâncreas.

Os órgãos sólidos, são essenciais para a manutenção da homeostase no organismo. Eles possuem uma estrutura compacta, composta por tecidos especializados que realizam funções críticas, como a filtração de resíduos e a metabolização de substâncias. A integridade e o funcionamento desses órgãos são fundamentais para a saúde e a sobrevivência do organismo (Principles of Anatomy and Physiology).

### 3.4.1 Tempo de isquemia

O tempo de isquemia é o período em que o órgão se encontra sem quantidade de sangue do doador, até o implante para o receptor, onde terá uma nova fonte de sangue e nutrientes, resumidamente, é o tempo máximo que cada órgão resiste à falta de circulação e oxigenação sanguínea. Segue na tabela 2 abaixo, o tempo de isquemia por órgão.

Tabela 2 - Tempo de isquemia

Órgãos	Tempo de isquemia
Coração	4 horas
Pulmão	4 - 6 horas
Pâncreas	12 horas
Rim	48 horas
Fígado	12 horas

Fonte: Ministério da saúde

### 3.5 ARMAZENAGEM DOS ÓRGÃOS

A caixa de órgãos é de suma importância para a conservação e integridade do órgão em questão. Se tornando um processo vital para a realização do transplante. A sua eficiência determina a qualidade do procedimento, e reduz desperdícios. Operações inadequadas podem levar a complicações, como a rejeição do órgão transplantado ou a falha do transplante, comprometendo a saúde do receptor e a eficácia do tratamento do mesmo.

Atualmente no Brasil a rotina do transporte da armazenagem do órgão, envolve três sacos estéreis cheios de gelo, evitando possíveis traumas no caminho. De acordo com a RDC 66, a embalagem terciária é utilizada exclusivamente para a proteção externa do material nas operações de movimentação e armazenagem. A

embalagem secundária é colocada entre a embalagem interna e a embalagem externa, destinada a conter as embalagens primárias. A primária é uma embalagem estéril que está em contato direto com o órgão, constituindo-se em recipiente, envoltório ou qualquer outra forma de proteção, removível ou não, que se destina a envasar, manter, cobrir ou empacotar o material biológico a ser transportado.

O sistema utilizado demanda cuidados extras e acaba sendo ineficaz em diversos casos. Mesmo obtendo sua própria complexidade, a armazenagem possui falhas, dentre o peso que ela possui por causa do gelo utilizado para manter a temperatura ideal para o transporte, dificultando para o indivíduo responsável, a segurança do órgão. A ausência de um sistema logístico com monitoramento adequado e refrigeração controlada para o transporte, também é um agente que leva a perda de órgãos para transplantes também.

Figura 2 - Armazenamento dos órgãos



Fonte: Gleison Luz/Ascom Fundhacre (2023)

### 3.6 REQUISITOS TÉCNICOS E TECNOLÓGICOS

A caixa de transporte para órgãos deve atender a uma série de requisitos técnicos que garantam a preservação do órgão. Entre esses requisitos, destaca-se a manutenção da temperatura, que são utilizados hoje em dia, métodos de sistemas de refrigeração passiva, como gelos ou placas de frio, para manter o órgão em uma

temperatura na faixa ideal de 2°C e 8°C, obtendo propriedades de isolamento térmico para preservação do resfriamento, ao longo de todo o trajeto, mas que não possui a garantia da eficácia exata, algo que quando não se mantém, ocasiona na incompatibilidade no transplante. A caixa deve ser projetada para minimizar o impacto de choques e vibrações durante o transporte, que podem prejudicar a integridade do órgão. O material da caixa deve ser resistente e capaz de suportar as condições do transporte.

O seu sistema de vedação precisa ser projetado de maneira eficiente, evitando uma possível contaminação externa e o vazamento de líquidos preservantes. Proporcionando a segurança e a esterilidade do órgão. Para evitar qualquer risco de contaminação, a caixa precisa permitir uma limpeza e desinfecção satisfatória entre os usos, considerando que o órgão é extremamente sensível, como o principal para operação do transplante. Também necessita de um manuseio confortável ergonomicamente, para continuar com segurança durante o transporte.

### 3.7 EFEITO PELTIER

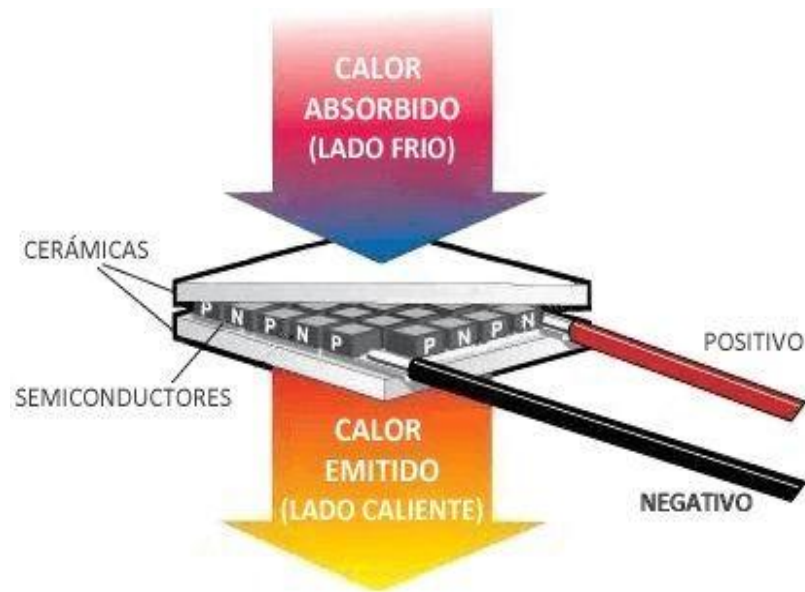
O efeito Peltier é um fenômeno termoelétrico em que a passagem de uma corrente elétrica através de uma transferência de calor na interface entre dois materiais diferentes. Essa transferência ocorre devido ao efeito da diferença de temperatura dos materiais, na geração de uma diferença de potencial elétrico. Esse efeito pode ser utilizado para criar dispositivos de refrigeração e aquecimento, como uma placa, futuramente chamada de placa Peltier.

O efeito Peltier foi descoberto em 1834 pelo físico francês Jean Charles Athanase Peltier. Ele observou que uma corrente elétrica passando por uma junção de metais diferentes causava uma transferência de calor na junção. Peltier efetivou experimentos utilizando um par de um fio de cobre e um fio de bismuto e notou se que, ao aplicar uma corrente elétrica ao par, a temperatura na junção aumentava ou diminuía, dependendo da direção da corrente.

De acordo com Tien and Chen (2021), "o efeito Peltier é um fenômeno termoelétrico reversível em que a passagem de uma corrente elétrica através de um material causa uma transferência de calor na interface entre dois materiais diferentes, devido ao efeito da diferença de temperatura na geração de uma diferença de potencial elétrico entre os dois materiais".

O efeito Peltier é importante em muitas aplicações tecnológicas e científicas, incluindo dispositivos de refrigeração, aquecimento e geração de energia. Sendo amplamente utilizado para manter a temperatura de forma precisa em componentes sensíveis.

Figura 3 - Efeito peltier



Fonte: Peltier (2024)

### 3.8 PASTILHA DE PELTIER

As pastilhas Peltier são dispositivos termoelétricos que convertem as diferenças de temperatura em corrente elétrica e vice-versa. Elas são compostas por materiais semicondutores, como o Telureto de Bismuto ( $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ ). Quando uma corrente elétrica passa pelas camadas que possui, gera-se um fluxo de calor, que pode ser usado para resfriar ou aquecer. Essas pastilhas funcionam com base no efeito Peltier, que descreve a mudança de temperatura quando uma corrente elétrica flui através de dois condutores diferentes. Durante o funcionamento, um lado da pastilha aquece e o outro esfria, criando uma diferença de temperatura, uma placa Peltier 12V pode atingir temperaturas entre  $-30^\circ\text{C}$  a  $70^\circ\text{C}$ .

Entre as principais vantagens das pastilhas Peltier estão a sua alta eficiência energética e a eliminação da necessidade de fluidos refrigerantes, que são prejudiciais ao meio ambiente. Além disso, elas são compactas e versáteis, adequadas para diversas aplicações. No entanto, é importante gerenciar

adequadamente a produção e o descarte desses dispositivos para minimizar impactos ambientais, por meio de reciclagem e descarte apropriado.

### 3.9 MOVIMENTO DE GUIMBAL

É um movimento rotacional ou oscilatório de um objeto em torno de um eixo. Na mecânica é resumidamente giros e rotações. Ele permite que o giroscópio ou um dispositivo parecido, possa girar livremente ao redor de três eixos perpendiculares. Dentre eles os eixos de inclinação e azimute, responsáveis pela movimentação de direita, esquerda, cima e baixo.

#### 3.9.1 Giroscópio

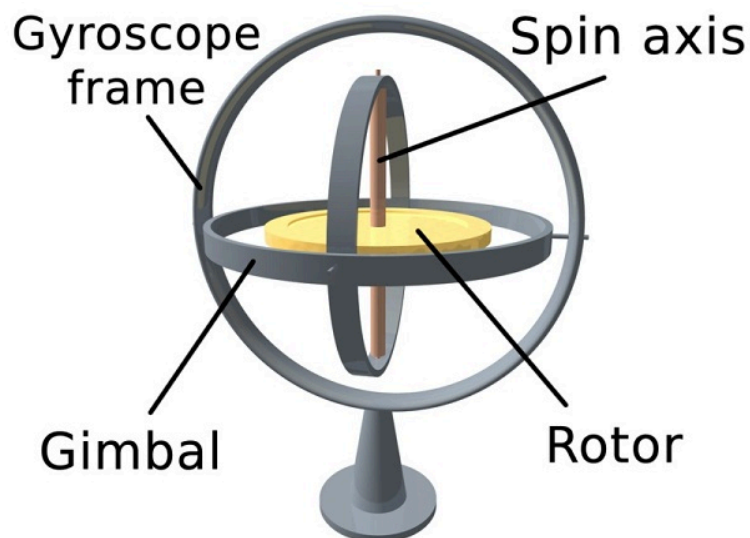
O giroscópio é um componente que se opõe a qualquer tentativa de mudar sua direção original, mesmo movido ou inclinado. Tal fenômeno que acontece é conhecido como rigidez espacial. Por se movimentar em um ângulo perpendicular à direção da força externa aplicada.

Ele consiste no princípio de inércia, o eixo de rotação mantém uma direção fixa, comparado ao círculo máximo. Obtendo várias rodas que giram em qualquer direção, resistindo às mudanças de sua posição fixa. Composto por um disco que permite a liberdade do movimento, girando rapidamente em torno do eixo direcionado.

Sua aplicação se baseia em sua estabilidade de movimento, como em navegações que propõem estabilidade capaz de manter a orientação correta em relação à Terra e às estrelas. Ou estabilizar a imagem em drones e câmeras.



Figura 4 - Giroscópio



Fonte: Agência nacional de aviação civil(2024)

### 3.10 MATERIAIS UTILIZADOS

#### 3.10.1 Controlador de temperatura com termômetro

Equipamento com o objetivo de monitorar e controlar a temperatura por um display, permitindo ajustes manuais quando necessário. Com a parte do termômetro instalado no interior da caixa. O termômetro mede a temperatura do ambiente ou do processo e envia esses dados para o controlador em tempo real. Possui o funcionamento baseado em o controlador comparar a temperatura medida com a temperatura desejada. Com base nessa comparação, o controlador decide se é necessário ajustar o sistema de aquecimento ou resfriamento. Se a temperatura não estiver como desejado, o controlador ajusta o sistema. Envolvendo ligar, ajustar ou desligar o aquecimento ou resfriamento.

### **3.10.2 Cooler**

O cooler oferece os benefícios necessários para a eficiência do protótipo, como o bom isolamento térmico, material resistente e durável, além de detalhes como vedação eficiente e facilidade de uso no manuseio.

Figura 5 : Cooler



Fonte: Os autores (2025)

### **3.10.3 Dissipador de calor**

O Dissipador de Calor tem por objetivo garantir a integridade de equipamentos que podem se danificar caso a expressiva quantidade de energia térmica gerada durante seus funcionamentos não sejam removidos e dissipados em tempo hábil.

### **3.10.4 Bateria de lítio 12V**

A bateria servirá como fonte de alimentação 12V, fornecendo energia elétrica para o protótipo com uma tensão constante de 12V.

Figura 6 : Bateria de lítio 12V e carregador



Fonte: Os autores (2025)

### 3.10.5 Impressora 3D Ender

A impressora 3D Ender foi utilizada neste projeto para fabricar componentes personalizados em PLA, como o pote do órgão, o arco circular do sistema Gimbal, os pinos de fixação e o suporte da bateria, todos com geometrias específicas que exigem boa precisão dimensional. Sua capacidade de impressão com alta resolução e controle de temperatura permitiu a produção de peças com encaixes funcionais, essenciais para o correto acoplamento aos rolamentos e à estrutura da caixa térmica. Além disso, a Ender possibilitou a produção rápida e econômica de protótipos sob medida, atendendo às necessidades estruturais, funcionais e estéticas do sistema de estabilização e refrigeração para o transporte seguro de órgãos.

Figura 7: Impressora 3D Ender



Fonte: Amazon (2025)

## 4 METODOLOGIA

Este projeto descreve o desenvolvimento de uma caixa para o transporte de órgãos. Através de uma análise minuciosa e pesquisas aprofundadas, o estudo explora cada fase do processo, desde a fase inicial até a fabricação final. O objetivo é otimizar a funcionalidade da caixa, garantindo que ela atenda aos requisitos críticos de proteção e isolamento térmico necessários para o transporte seguro e eficaz de órgãos. O trabalho aborda aspectos técnicos, materiais recomendados e técnicas de construção, fornecendo um guia completo para a criação de um produto que assegure a integridade e a viabilidade dos órgãos durante o transporte.

Os dados serão obtidos por meio de testes, incluindo avaliação da temperatura, resistência a impactos e durabilidade do sistema de resfriamento e bateria. Cada componente do protótipo desempenha um papel específico, por exemplo, o sistema de resfriamento mantém a temperatura, o controlador eletrônico ajusta às condições internas, o isolamento térmico reduz a troca de calor, a bateria fornece energia, o sistema de vedação previne contaminação e variações térmicas, e a estrutura ergonômica ajuda no manuseio. Esses testes e componentes garantem a eficiência e a segurança do protótipo no transporte de órgãos.

### 4.1 TIPO DE PESQUISA

A abordagem da pesquisa é de natureza qualitativa. Empregada no estudo para a análise das normas, regulamentos e procedimentos envolvidos no transporte de órgãos, buscando compreender as práticas atuais e seus problemas, que contribuem para a perda de órgãos para transplante, e conseguir identificar áreas do processo necessários de melhorias. Pesquisar qualitativamente é analisar, observar, descrever e realizar práticas interpretativas de um fenômeno a fim de compreender seu significado. Mayring (2002) delinea a pesquisa qualitativa como um processo adaptado, não padronizado ao objeto de estudo, que possui caráter comunicativo e está inserida no contexto de métodos e técnicas que respaldam um caráter processual e reflexivo.

Quanto aos objetivos, a pesquisa é dada no exato momento como exploratória; conforme leciona Gil (1991), pesquisas exploratórias objetivam facilitar a familiaridade do pesquisador com o problema objeto da pesquisa, para permitir a construção de hipóteses ou tornar a questão mais clara. Tornando-se essencial para formação inicial de uma pesquisa aprofundada nas funções e normas do armazenamento de um órgão em uma “caixa” para realização de seu transporte até seu devido receptor, permitindo um planejamento mais detalhado para o futuro da construção do protótipo. Conforme todas as necessidades revisadas para manter a vitalidade do órgão, através de uma montagem minuciosa seguindo suas regulamentações, visando a automação e melhoria do projeto proposto, com uma vedação, isolamento térmico, e um sistema anti impactos, mais eficientes, baseado nos problemas atuais enfrentados.

## **4.2.FUNÇÃO DOS COMPONENTES**

### **4.2.1 Caixa térmica 18L**

A caixa térmica tem como função isolar termicamente o interior, mantendo a temperatura controlada e protegendo os órgãos transportados contra variações externas de calor. Ela atua como um ambiente térmico estabilizado, reduzindo a troca de calor com o meio ambiente e permitindo que o sistema de refrigeração mantenha a temperatura ideal por mais tempo. Além disso, a caixa será utilizada para fixar o suporte do guimbal na parte interna, garantindo estabilidade durante o transporte, e para acomodar os componentes eletrônicos e suportes na parte externa.

Figura 8 - Caixa Térmica 18L



Fonte: Magazine Luiza(2025)

#### 4.2.2 Controlador de temperatura com termômetro

Equipado com display para monitoramento da temperatura e outras condições internas, permitindo ajustes manuais quando necessário. Com a parte do termômetro instalado no interior da caixa para fornecer dados em tempo real sobre as condições internas, essencial para a manutenção da viabilidade do órgão.

Figura 9- Controlador de temperatura com termômetro



Fonte: Mercado Livre (2024)

#### 4.2.3 Dissipador com cooler 12V

O dissipador com cooler, serve para dissipar o calor gerado pelo Peltier, mantendo a eficiência térmica do conjunto. O dissipador de alumínio aumenta a área de contato com o ar, facilitando a troca de calor, enquanto o cooler força a circulação do ar, acelerando o resfriamento do dissipador. Essa combinação é essencial para evitar o superaquecimento do sistema e garantir que a parte fria do módulo continue resfriando adequadamente o interior da caixa.

Figura 10 - Dissipador com cooler 12V



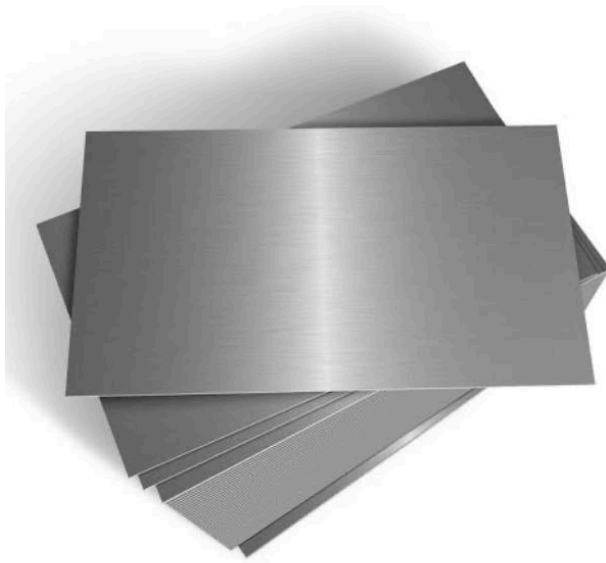
Fonte: Mercado Livre (2024)

#### 4.2.4 Proteção de alumínio

A chapa de alumínio será conformada e cortada com as dimensões adequadas para garantir a fixação segura do sistema de refrigeração (cooler) à estrutura da caixa térmica, impedindo qualquer deslocamento ou queda do componente para fora do compartimento.



Figura 11- Chapa de alumínio



Fonte: Refritubos(2024)

Figura 12 - Proteção de alumínio



Fonte:Os autores(2025)

#### 4.2.5 Pastilha de peltier

Como no CTO o controle de temperatura é vital para garantir que os órgãos sejam mantidos em condições ideais assim preservando sua viabilidade para transplante, as pastilhas de Peltier irão oferecer uma solução eficiente para este controle, funcionando como uma bomba de calor compacta e sem partes móveis.

Figura 13 - Pastilha de peltier



Fonte: Mercado Livre(2024)

#### 4.2.6 Chave alavanca 12V

A chave alavanca, instalada na caixa térmica com sistema de refrigeração, serve para ligar e desligar manualmente o circuito elétrico responsável pelo funcionamento do sistema de resfriamento. Ela permite ao transportador acionar ou interromper o fornecimento de energia, garantindo controle rápido e direto do funcionamento do sistema, o que é essencial para manter a temperatura adequada durante o transporte.

Figura 14 - Chave alavanca 12V



Fonte: Shopee(2025)

#### 4.2.7 Pasta térmica

A pasta térmica, no sistema de refrigeração da caixa de transporte de órgãos, é utilizada para melhorar a condução de calor entre o módulo Peltier e a superfície do dissipador de alumínio com cooler. Ela preenche as micro imperfeições entre as superfícies metálicas, eliminando bolsões de ar que dificultam a transferência de calor, garantindo assim maior eficiência na troca térmica e ajudando a manter a temperatura interna da caixa dentro dos parâmetros ideais.

Figura 15 - Pasta térmica

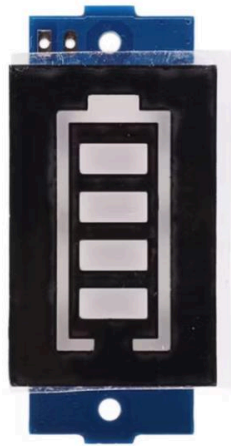


Fonte: Mercado Livre(2024)

#### 4.2.8 Medidor de bateria 12V

O medidor de nível de bateria é um dispositivo utilizado para indicar a quantidade de carga restante na bateria, permitindo o monitoramento do seu estado de carga. Ele fornece informações em barras indicativas que indicam a porcentagem, ajudando a evitar a descarga completa e permitindo um gerenciamento mais eficiente da energia.

Figura 16 - Medidor de bateria 12V



Fonte: Shopee(2025)

#### 4.2.9 Bateria de lítio 12V

A bateria de lítio, serve como fonte de alimentação portátil e estável para os componentes eletrônicos. Por ser leve, recarregável e ter alta densidade energética, ela garante autonomia prolongada e funcionamento contínuo do sistema durante o transporte, mantendo a temperatura adequada dos órgãos.

Figura 17 - Bateria de lítio 12V

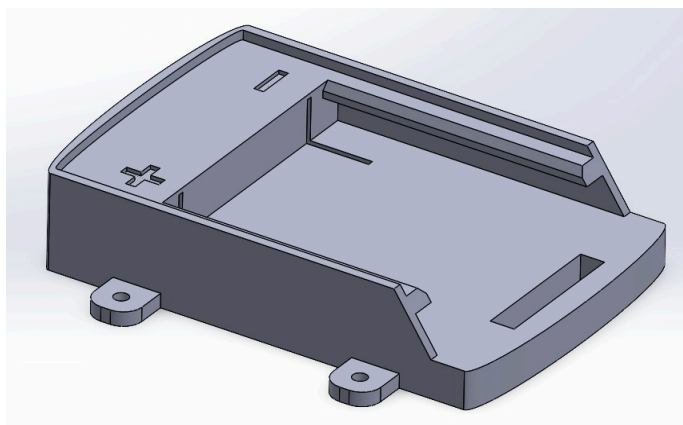


Fonte: Os autores (2025)

#### 4.2.10 Suporte para bateria 12V

O suporte para bateria serve para fixar e proteger a bateria de lítio na parte externa da caixa, garantindo que ela permaneça estável e segura durante o transporte. Ele é preso à estrutura da caixa térmica e possui um sistema de encaixe rápido, permitindo a instalação e remoção da bateria com agilidade e sem ferramentas. Além de evitar deslocamentos, vibrações ou conexões soltas que poderiam comprometer o fornecimento de energia ao sistema de refrigeração, o suporte contribui para a segurança elétrica e a confiabilidade do funcionamento contínuo da caixa.

Figura 18 - Suporte da bateria no solidworks



Fonte: Os autores (2025)

O suporte para bateria é fabricado em PLA (ácido poliláctico), um material resistente e leve, ideal para aplicações estruturais em sistemas portáteis. Para a passagem de energia elétrica, o suporte conta com contatos feitos com chapinhas de alumínio, que garantem uma conexão eficiente entre a bateria e o sistema de refrigeração.

Figura 19 - Suporte da bateria pronto



Fonte: Os autores (2025)

Figura 20 - Suporte encaixado na bateria

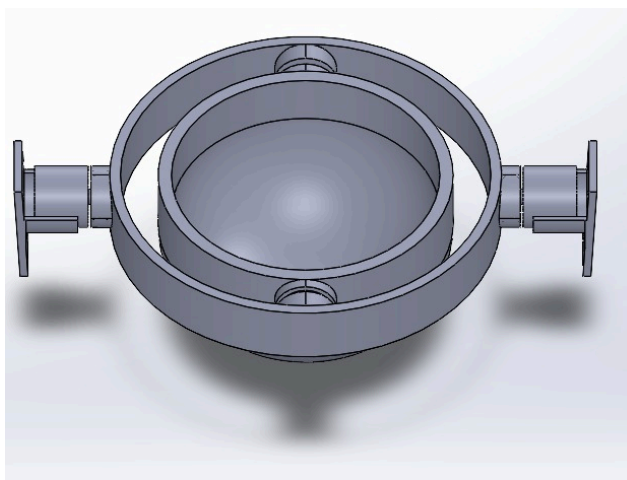


Fonte: Os autores (2025)

#### 4.2.11 Guimbal

O sistema Gimbal será utilizado para assegurar a estabilização do órgão transportado, permitindo que o pote do órgão permaneça em posição fixa e nivelada independentemente da inclinação ou movimentação da caixa térmica durante o transporte, preservando a orientação do conteúdo interno e contribuindo para a segurança e integridade do órgão ao longo do deslocamento.

Figura 21 - Guimbal no solidworks



Fonte: Os autores (2025)

Figura 22 - Visão superior do guimbal na caixa



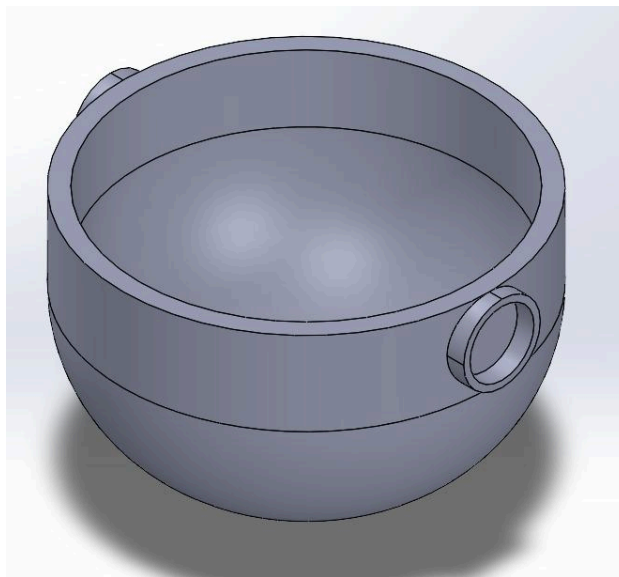
Fonte: Os autores (2025)



#### 4.2.11.1 Pote do guimbal

O pote, fabricado em PLA (ácido poliláctico), funcionará como o recipiente destinado ao acondicionamento do órgão durante o transporte, sendo também um componente estrutural do sistema guimbal. Sua superfície externa será fixada à pista externa do rolamento, permitindo a rotação em torno do eixo Y, conforme observado na vista superior da caixa térmica. Essa configuração permite que o pote permaneça estabilizado nesse eixo, mesmo quando a caixa estiver sujeita a inclinações ou movimentos, garantindo a proteção e a orientação adequada do órgão transportado.

Figura 23- Pote no solidworks



Fonte: Os autores (2025)

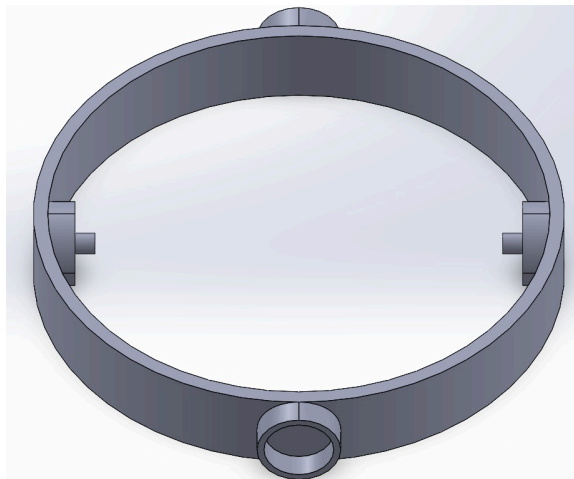
#### 4.2.11.2 Arco circular do guimbal

O arco circular, fabricado em PLA (ácido poliláctico), é um componente estrutural do sistema guimbal, projetado para permitir a estabilização do conjunto em dois eixos angulares. Sua face interna é acoplada à pista interna do rolamento fixado ao pote, possibilitando a rotação relativa em torno do eixo Y, garantindo a estabilidade do arco em relação ao recipiente do órgão. Simultaneamente, sua face



externa é conectada à pista externa de um segundo rolamento, o qual está fixado ao pino do Gimbal, permitindo a rotação em torno do eixo X. Essa configuração assegura a dupla estabilização do sistema, mantendo o órgão em posição nivelada mesmo com movimentos ou inclinações da caixa térmica.

Figura 24- Arco circular no solidworks

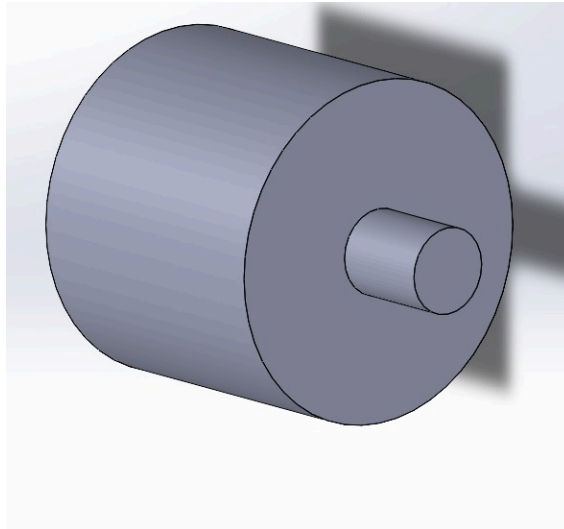


Fonte: Os autores (2025)

#### 4.2.11.3 Pinos do guimbal

Os dois pinos do guimbal atuam como elementos de ligação estrutural entre a caixa térmica e o arco circular, funcionando como uma extensão fixa da própria caixa. Cada pino é acoplado à pista interna do rolamento fixado ao arco, permitindo que este realize a rotação em torno do eixo X, conforme observado na visão superior da caixa. Essa configuração possibilita a estabilização do sistema no eixo X, garantindo que o conjunto interno, incluindo o pote com o órgão, permaneça orientado corretamente mesmo diante de inclinações ou movimentações da estrutura externa.

Figura 25- Pino no solidworks



Fonte: Os autores (2025)

#### 4.2.11.4 Rolamentos do guimbal

O sistema Gimbal é composto por quatro rolamentos, sendo dois responsáveis pela rotação em torno do eixo Y e dois em torno do eixo X, conforme a visão superior da caixa térmica. Esses rolamentos permitem os movimentos angulares independentes dos componentes do guimbal, garantindo a rotação controlada e estabilização do pote que acondiciona o órgão, mesmo com a movimentação ou inclinação da caixa. Essa configuração proporciona isolamento mecânico da carga transportada em relação aos movimentos da estrutura externa, assegurando maior estabilidade e segurança durante o transporte.

Figura 26 - Rolamento

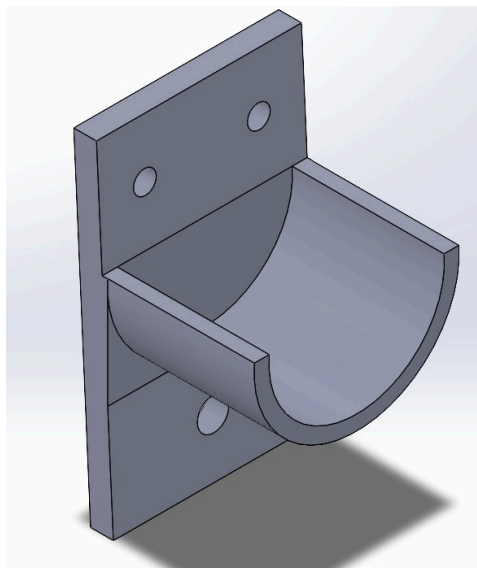


Fonte: Skf rolamentos

#### 4.2.11.5 Suporte do guimbal

O suporte do guimbal, fabricado em PLA e fixado na face interna da caixa térmica no eixo x, conforme a visão superior da caixa, tem a função de ancorar o sistema de estabilização, permitindo que os demais componentes do guimbal sejam removíveis para manutenção ou montagem modular. Esse suporte serve como base estrutural para a fixação dos pinos do guimbal, possibilitando que o conjunto seja reinstalado de forma precisa e segura sempre que necessário, garantindo o correto alinhamento e funcionamento do mecanismo de estabilização durante o transporte do órgão.

Figura 27- Suporte do guimbal no solidworks



Fonte : Os autores (2025)

#### 4.2.12 Elementos de fixação e proteção

##### 4.2.12.1 Parafusos allen M4x35mm

Os parafusos M4 serão utilizados para a fixação mecânica de componentes externos à caixa térmica, como a proteção de alumínio do cooler, o controlador de temperatura e o suporte da bateria, garantindo rigidez e estabilidade ao conjunto. A

fixação será realizada no sentido de fora para dentro da caixa, atravessando a parede da estrutura térmica para fixar firmemente os elementos ao seu corpo, facilitando a manutenção e a substituição dos componentes, preservando a integridade estrutural e térmica do sistema.

Figura 28 - Parafuso allen M4x35mm



Fonte : Os autores (2025)

#### 4.2.12.2 Porca M4

A porca M4 será utilizada na parte interna da caixa térmica para realizar o travamento dos parafusos M4 que fixam componentes como o suporte da bateria, o controlador de temperatura e a proteção de alumínio do cooler. Além disso, esse método facilita a montagem e desmontagem dos elementos externos sem comprometer a estrutura da caixa.

Figura 29 - Porca M4



Fonte : Os autores (2025)

#### 4.2.12.3 Arruela para parafuso M4

A arruela, posicionada na parte interna da caixa térmica antes da porca M4, terá a função de distribuir uniformemente a pressão exercida pela porca sobre a superfície interna da caixa, evitando danos, deformações ou desgaste localizado no material. Além disso, ela contribui para aumentar a área de contato, proporcionando uma fixação mais estável e segura dos componentes como o suporte da bateria, o controlador de temperatura e a proteção de alumínio do cooler, reforçando a integridade estrutural do sistema mesmo sob vibrações ou movimentações durante o transporte.

Figura 30 - Arruela para parafuso M4



Fonte : Os autores (2025)

#### 4.2.12.4 Fio Ø3mm de cobre

O fio de cobre de 3 mm será utilizado como condutor principal para a ligação elétrica dos componentes do sistema de refrigeração, garantindo a transmissão eficiente de energia. Devido à sua alta condutividade elétrica e resistência mecânica, o fio de cobre assegura a alimentação estável e segura dos dispositivos, contribuindo para o desempenho contínuo e confiável do sistema durante o transporte.

Figura 31 - Fio de cobre de Ø3mm



Fonte : Mercado livre (2025)

#### 4.2.12.5 Fita isolante

A fita isolante será aplicada para encapar e proteger os fios de cobre de 3 mm utilizados na ligação elétrica dos componentes do sistema de refrigeração, garantindo o isolamento elétrico adequado e prevenindo curtos-circuitos, descargas acidentais ou contato com superfícies condutivas.

Figura 32 - Fita isolante



Fonte : Os autores (2025)

#### 4.2.12.6 Folhas de EVA

O material em EVA será aplicado na parte interna da caixa térmica com a finalidade de proteger e organizar os condutores elétricos, especialmente nas regiões de passagem de cabos localizadas nas faces laterais e inferior da estrutura, além de atuar como acabamento estético interno, contribuindo para uma disposição visual mais limpa dos elementos internos. Externamente, o EVA será utilizado também como acabamento estético e funcional, ocultando os cabos que interligam os componentes externos ao interior da caixa, contribuindo para uma aparência visual mais organizada e profissional do sistema.

Figura 33 - EVA



Fonte : Casa do papel (2025)

#### 4.2.12.7 Cola super Bonder

A cola Super Bonder será utilizada como agente de fixação de alta aderência para a aplicação dos revestimentos em EVA, tanto na parte interna quanto na parte externa da caixa térmica, conforme descrito anteriormente, garantindo uma adesão firme e duradoura entre o material espumado e a superfície da caixa. Além disso, será empregada na fixação dos rolamentos ao conjunto do componente Guimbal, composto pelo arco circular, pote e seus pinos.

Figura 34 - Cola super Bonder

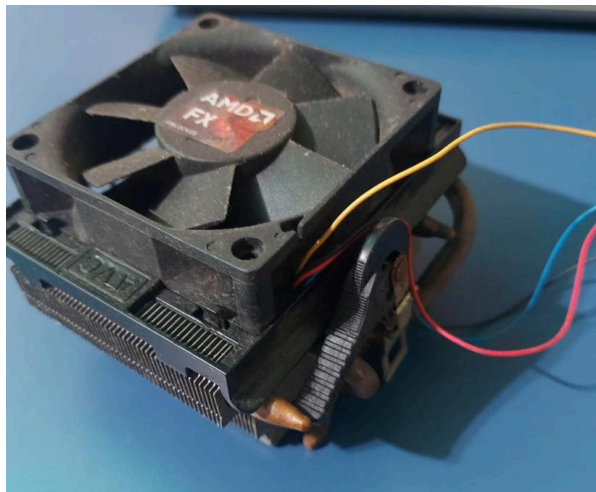


Fonte : Mercado livre (2025)

#### 4.3 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO C.T.O. CAIXA TRANSPORTADORA DE ÓRGÃOS.

Foi preciso encontrar um dissipador de calor, que o objetivo é impedir que a pastilha se aqueça, grudando o equipamento no lado quente da placa Peltier, para isso fizemos a utilização de pasta térmica, uma pasta que além de melhorar a transmissão de calor fez com que a placa ficasse grudada no dissipador.

Figura 35 - Cooler com dissipador

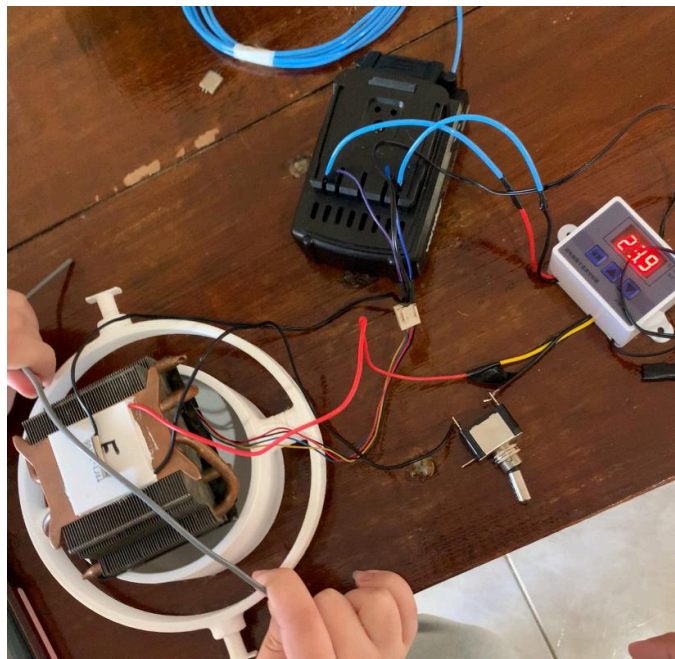


Fonte : Os autores (2025)



Para a primeira fase do protótipo, decidimos utilizar uma caixa térmica cooler por sua ótima isolamento térmica e sua vedação eficiente. Assim, realizamos os primeiros testes dos componentes. Utilizando uma placa Peltier, um dissipador de calor, um controlador de temperatura, um demonstrador de bateria, uma chave alavanca, uma bateria de lítio 12V e componentes como, o guimbal, suporte do guimbal, suporte da bateria feitos na impressora 3D em PLA e rolamentos.

Figura 36 - Teste dos componentes



Fonte : Os autores (2025)

O segundo passo foi fazer um corte na parte lateral da caixa de forma que a placa encaixasse e fosse possível que o Peltier ficasse para dentro e o dissipador para fora.

Figura 37 - Corte da caixa para o cooler com dissipador



Fonte : Os autores (2025)

O terceiro passo foi adicionar o controlador de temperatura com o visor para o lado externo e o termômetro para o lado interno da caixa. Com a finalidade de obtermos a vigilância constante da temperatura obtida no protótipo. Programamos nosso controlador para desligar no momento que alcançasse 2°C e ligasse se a temperatura passasse de 8°C, através do próprio sistema do P0 e P1.

Por fim, fizemos as ligações para alimentação de todo o protótipo. A fonte de alimentação escolhida foi uma bateria de lítio de 12V. Onde para ser utilizada realizamos um suporte para a bateria em uma impressora 3D, para o seu funcionamento.

Figura 38 - Bateria conectada em seu suporte



Fonte : Os autores (2025)

Notamos que precisávamos do controle do carregamento da bateria de lítio, então foi inserido um demonstrador de bateria, para termos a inspeção necessária da mesma. Além disso, foi adicionado uma chave alavanca para desligarmos o protótipo quando fosse preciso.

Figura 39 - Suporte da bateria, controlador de temperatura e nível da bateria



Fonte : Os autores (2025)

Figura 40 - Cooler e chave alavanca fixado pela proteção de alumínio



Fonte : Os autores (2025)

O EVA será colado em pontos estratégicos do protótipo para dar um acabamento mais bonito e organizado. Primeiro, ele será cortado no tamanho certo e colado nas partes internas da caixa onde passam os fios, ajudando a esconder e alinhar melhor tudo. Depois, será aplicado também por fora da caixa, nas regiões onde os fios saem dos componentes, para deixar o visual mais limpo e proteger essas áreas. Além disso, esse material ajuda um pouco no isolamento térmico, deixando o protótipo mais funcional e com aparência adequada.

Figura 41 - Caixa pronta lado da bateria



Fonte : Os autores (2025)



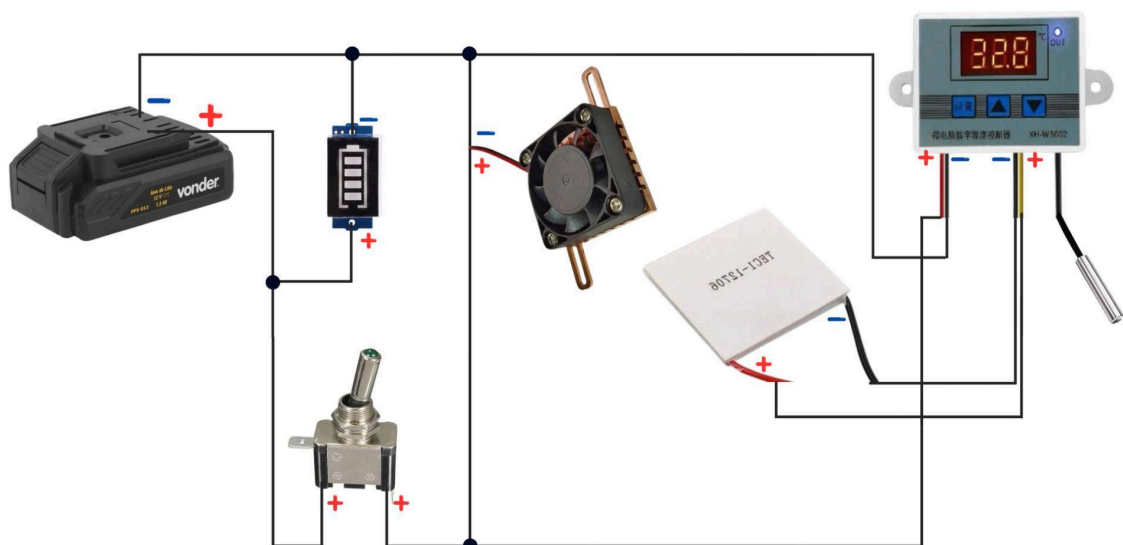
Figura 42 - Caixa pronta lado do cooler



Os autores (2025)

#### 4.4 DIAGRAMA ELÉTRICO

Figura 43 - Diagrama Elétrico



Fonte: Os autores (2025)

## 5 CRONOGRAMA

Tabela 3 - Cronograma

2024	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV
Escolha do tema									
Levantamento de literatura científica									
Introdução									
Tema									
Problema									
Objetivos									
Justificativa									
Estado da Arte									
Fundamentação teórica									
Metodologia									
Cronograma									
Recursos									
Resultados esperados ou parciais									
Referências									
Avaliação do CRC									
Produção do Banner									
26ª Exposchmidt									

Fonte: os autores (2024)

Tabela 4 - Cronograma 2025

2025	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV
Início da montagem do protótipo									
Levantamento de literatura científica									
Montagem do protótipo									
Resultados Parciais									
Conclusão									
Milset									
27ª Exposchmidt									

Fonte: os autores (2025)

## 6 RECURSOS

Tabela 5 - Recursos

Material	Valor unitário	Quantidade	Valor total	Fonte	Data
Pastilha peltier 12V	R\$29,90	1	R\$29,90	Mercado Livre	27/04/2025
Medidor de bateria 12V	R\$13,90	1	R\$13,90	Shopee	04/04/2025
Chave alavanca 12V	R\$19,90	1	R\$19,90	Shopee	04/04/2025
Controlador de temperatura 12V	R\$31,90	1	R\$31,90	Mercado Livre	04/04/2025
Rolamento Ø19mm	R\$10,00	4	R\$40,00	Sk Rolamentos	11/04/2025
Caixa térmica	R\$60,00	1	R\$60,00	Magazine Luiza	02/04/2025
Pote do guimbal	R\$20,00	1	R\$20,00	Impressora 3D	10/04/2025
Arco do guimbal	R\$10,00	1	R\$10,00	Impressora 3D	10/04/2025
Pino do guimbal	R\$3,50	2	R\$7,00	Impressora 3D	10/04/2025
Suporte do guimbal	R\$4,00	2	R\$8,00	Impressora 3D	10/04/2025
suporte para bateria vonder	R\$15,00	1	R\$15,00	Impressora 3D	10/04/2025
Fio Ø3mm de cobre	R\$0,75	3	R\$2,25	Felldmann	04/05/2025
Chapa de alumínio	R\$0,00	1	R\$0,00	Doação	13/10/2024
Parafusos allen M4x35mm	R\$0,58	6	R\$3,48	Felldmann	04/05/2025
Porca M4	R\$0,15	6	R\$0,90	Felldmann	04/05/2025
Arruela para M4	R\$0,15	6	R\$0,90	Felldmann	04/05/2025
Cola super bonder	R\$11,50	1	R\$11,50	Felldmann	04/05/2025
EVA verde	R\$2,80	1	R\$2,80	Clip	05/05/2025



EVA preto	R\$2,25	2	R\$4,50	Clip	05/05/2025
Pasta térmica	R\$5,40	1	R\$5,40	Shopee	27/04/2025
Dissipador com cooler 12V	R\$0,00	1	R\$0,00	Doação	25/04/2025
Fita isolante	R\$4,90	1	R\$4,90	Felldmann	04/05/2025
Bateria de lítio 12V	R\$0,00	1	R\$0,00	Doação	06/03/2025
			<b>Valor Total =</b>		<b>R\$292,23</b>

## 7 RESULTADOS PARCIAIS

Neste projeto, foi proposto a criação de um protótipo que garanta a vitalidade dos órgãos transportados na caixa e que ofereça melhores condições de transporte, incluindo o controle de temperatura, tempo de refrigeração e proteção contra impactos. Planejada para ser uma caixa de fácil carregamento, e que seja eficaz na preservação dos órgãos. Através de uma abordagem multidisciplinar, que uniu princípios científicos e tecnológicos, foi possível avançar na criação de uma solução inovadora para um problema real do setor da saúde. A aplicação de sistemas modernos, como o guimbal para estabilização do órgão e sensores de monitoramento térmico, demonstra o potencial da tecnologia em promover melhorias significativas na logística hospitalar. O sistema de resfriamento, baseado em pastilhas de Peltier com dissipador de calor, proporciona controle térmico eficiente sem a necessidade de partes móveis, enquanto o controlador de temperatura com display permite ajustes manuais e monitoramento contínuo. Com uma bateria acoplada que não prejudica a mobilidade da caixa, e que auxilia no maior desafio de garantir uma refrigeração adequada por tempo determinado de conservação para os pacientes que dependem da doação. Ainda assim, o objetivo de desenvolver um protótipo funcional, seguro e acessível foi atingido, mostrando-se viável tanto tecnicamente quanto economicamente. Acreditamos que os resultados obtidos não apenas agregam conhecimento à comunidade científica e técnica, mas também incentivam novas pesquisas e aprimoramentos. Este projeto tem o potencial de inspirar futuras gerações de pesquisadores e técnicos a buscarem soluções cada vez mais eficientes, acessíveis e humanas para os desafios da área da saúde.

## 8 CONCLUSÃO

A ideia do protótipo C.T.O - Caixa Transportadora de Órgãos, surgiu através da percepção dos desafios existentes na área da saúde, especificamente na garantia da integridade e vitalidade dos órgãos humanos durante o transporte para transplante. Ao identificar falhas, que podem comprometer uma vida, foi possível conceber uma solução acessível, voltada à preservação daquilo, que pode ser a última esperança de alguém.

Ao longo do projeto, desenvolvemos um protótipo funcional, com um sistema de resfriamento baseado em pastilhas Peltier, com um controle eletrônico de temperatura, um mecanismo de estabilização por guimbal e uma estrutura compacta e ergonômica, todos projetados para alcançar o objetivo de desenvolver uma tecnologia que possa reduzir perdas evitáveis, facilitar o trabalho das equipes médicas e aumentar as chances de sucesso em transplantes.

Concluimos que a solução apresentada em nosso protótipo cumpre os objetivos propostos e representa um passo importante em direção a uma medicina mais segura, eficiente e humana. Este projeto demonstra também seu impacto positivo na qual a engenharia pode proporcionar quando orientada por propósitos sociais maiores. Portanto, visamos além disso, contribuir para salvar mais vidas futuramente, para que assim possamos cada vez mais evoluir com esse projeto.

## REFERÊNCIAS

ANDRIOLI, Livia Meneghel. **Transporte de Órgãos para Transplante**. Curso Superior de Logística, Faculdade de Tecnologia Centro Paula Souza - Fatec Americana, São Paulo, 2015. Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/>. Acesso em: 24 ago. 2024.

BOHN, Leonardo Erik; HAAG, Maurício Barcelos; MOMBACH, Augusto Bemfica. **Módulo Eletrônico para transporte de órgãos em estado hipotérmico**. Revista Liberato, Novo Hamburgo, v. 17, n. 27, p. 1-118, jan./jun. 2016. TCCT (Curso Técnico) - Curso Técnico em Eletrônica, Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha, Novo Hamburgo, 2013. Disponível em: <https://revista.liberato.com.br/index.php/revista/article/view/395/25>. Acesso em: 22 jul. 2024.

CAIXA TÉRMICA. **Caixa Térmica 18L Cooler Cores Variadas MOR**. Magazine Luiza. Disponível em: [https://m.magazineluiza.com.br/caixa-termica-18l-cooler-cores-variadas-mor/p/jhdekd9a3g/es/clto/?partner\\_id=64853&utm\\_source=pdp\\_desk&utm\\_medium=share](https://m.magazineluiza.com.br/caixa-termica-18l-cooler-cores-variadas-mor/p/jhdekd9a3g/es/clto/?partner_id=64853&utm_source=pdp_desk&utm_medium=share](https://m.magazineluiza.com.br/caixa-termica-18l-cooler-cores-variadas-mor/p/jhdekd9a3g/es/clto/?partner_id=64853&utm_source=pdp_desk&utm_medium=share). Acesso em: 09 maio 2025.

CHAVE ALAVANCA. **Chave Alavanca Metal 12V 20A 3 Terminais Liga / Desliga com LED Amarelo**. Shopee. Disponível em: <https://br.shp.ee/YEgQzLs>. Acesso em: 09 maio 2025.

BRASIL, Ministério da Saúde. Doação de órgãos: **quais são os tipos de doador**. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/saes/snt/>. Acesso em: 14 ago. 2024.

DOREIS, James. **Como fazer um Guimbal Estabilizador caseiro para celular**. YouTube, 2023. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=t4cyd8cEEsA>. Acesso em: 21 ago. 2024.

GALILEU, Redação. **Estudantes criam embalagem especial para transporte de órgãos.** São Paulo, 26 out. 2018. Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Saude/noticia/2018/10/>. Acesso em: 22 jul. 2024.

IFES. **LEDs desenvolve caixa mais segura e inteligente para transporte de órgãos.** Instituto Federal do Espírito Santo, 29 nov. 2016. Disponível em: <https://ifes.edu.br/noticias/16867>. Acesso em: 27 fev. 2024.

LIMAS, Maria Eduarda Forneck; FLORES, Maria Eduarda; BECKER, Esther Gehm. **Caixa transportadora de órgãos - CATROR.** Orientador: Jair Carlos Muller. 2019. Febrace, Criatividade e inovação. Medicina, Colégio Luterano Arthur Konrath, 2019. Disponível em: <https://virtual.febrace.org.br/2022/SAU/170/>. Acesso em 21 jul. 2024.

MAUÁ, Instituto Mauá de Tecnologia. **Embalagem autônoma inteligente para transporte de órgãos desenvolvida pela Mauá é premiada como melhor projeto no Congresso Brasileiro de Transplantes.** São Paulo, IMT, 2023. Disponível em: <https://maua.br/noticias/press-releases/>. Acesso em: 27 fev. 2024.

MERCADO LIVRE. **Controlador de temperatura digital termostato 110/220 volts.** Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-3420731030>. Acesso em: 14 ago. 2024.

MOLLO, Camila Nunes; SONOHARA, Daniela Mika; SOUZA, Luiza Precioso; PRATA, Tatiana Baghtchedjian. **Melhoria e validação de uma embalagem desenvolvida para o transporte de órgãos aplicando tecnologias habilitadoras para a indústria 4.0.** Orientador: Ari Nelson Rodrigues Costa. 2018 - Conic Semesp, 18º Congresso nacional de iniciação científica. Curso de engenharia, Centro Universitário do Instituto Mauá de tecnologia - CEUN - IMT, São Caetano do Sul, 2018. Disponível em: <https://conic-semesp.org.br/anais/files/2018/trabalho-1000000492>. Acesso em: 21 jul. 2024.

MONTEIRO, Vera Lucia. **Aplicação de técnicas Lean Thinking às atividades logísticas dos transportes de órgãos sólidos**. Orientador: Prof. Dr. Orlando Fontes Lima Júnior. 2011. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, 2011. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/296864379>. Acesso em: 5 mar. 2024.

PASTILHA PELTIER. **Pastilha TEC1-12706 Peltier 15,4V 63W 7,6Amp 40mm 3,9mm PCI Eletroparts**. Shopee. Disponível em: <https://br.shp.ee/6tGvsE7>. Acesso em: 09 maio 2025.

REGINA, Hospital. **Doação de órgãos: a vida continua**. Novo Hamburgo, Ministério da Saúde, 2020. Disponível em: <https://hospitalregina.com.br/post/doacao-de-orgaos-a-vida-continua>. Acesso em: 13 ago. 2024.

SÃO PAULO, Secretaria de Comunicação. **Enfermeiro da PM fala sobre missão de transportar órgãos**. São Paulo, SP, 2023. Disponível em: <https://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/ultimas-noticias/>. Acesso em: 30 abr. 2024.

SILVA, André Luis Alvea da; JESUS, Layse Santana de; SILVA, Beatriz Andrade da; BRAZ, Maria José. **O cenário atual e as dificuldades encontradas no transporte de órgãos no Brasil**. Xfateclog - Logística 4.0 & a Sociedade do Conhecimento, Fatec Guarulhos, São Paulo, 2019. Disponível em: <https://fateclog.com.br/anais/2019/O%20CEN%C3%81RIO%20ATUAL%20E%20AS%20DIFICULDADES%20ENCONTRADAS%20NO%20TRANSPORTE%20DE%20C3%93RG%C3%83OS%20NO%20BRASIL.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2024.

TERMOSTATO DIGITAL. **Termostato Digital W3002 12V 120W Controlador Temperatura**. Disponível em: [https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-3876259343-termostato-digital-w3002-12v-120w-controlador-temperatura-\\_JM](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-3876259343-termostato-digital-w3002-12v-120w-controlador-temperatura-_JM). Acesso em: 09 maio 2025.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Pastilhas Peltier: o que são e como funcionam.** Disponível em: <https://www.ufrgs.br/eletrica>. Acesso em: 29 jun. 2024.

VOLTÍMETRO. **Voltímetro Medidor Indicador de Capacidade de Bateria de Lítio 1S, 2S e 3S.** Shopee. Disponível em: <https://br.shp.ee/paNLtys>. Acesso em: 09 maio 2025.