



**Universidade Federal de Pernambuco  
Centro de Tecnologia e Geociências  
Departamento de Engenharia Mecânica**

**PROJETO DE TCC:**

Aplicação da metodologia PDP no desenvolvimento de uma embaladora automática  
de plástico filme de bancada

**ALUNO:**

Pedro Lucas Rocha Almeida Santos

**PROFESSOR ORIENTADOR:**

Justo Emilio Alvarez Jácomo

**Recife - PE  
2025**

PEDRO LUCAS ROCHA ALMEIDA SANTOS

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PDP NO DESENVOLVIMENTO DE UMA  
EMBALADORA AUTOMÁTICA DE PLÁSTICO FILME DE BANCADA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Justo Emilio Alvarez Jácomo

Recife  
2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Almeida Santos, Pedro Lucas Rocha.

Aplicação da metodologia PDP no desenvolvimento de uma embaladora automática de plástico filme de bancada / Pedro Lucas Rocha Almeida Santos. - Recife, 2025.

88 p. : il., tab.

Orientador(a): Justo Emilio Alvarez Jacobo

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia Mecânica - Bacharelado, 2025.

Inclui referências, apêndices, anexos.

1. Processo de desenvolvimento de produto. 2. embaladora automática. 3. pesquisa de patentes. 4. inovação. I. Alvarez Jacobo, Justo Emilio. (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

PEDRO LUCAS ROCHA ALMEIDA SANTOS

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PDP NO DESENVOLVIMENTO DE UMA  
EMBALADORA AUTOMÁTICA DE PLÁSTICO FILME DE BANCADA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia  
Mecânica da Universidade Federal de  
Pernambuco, como requisito parcial para  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Mecânica

Aprovado em: 01/08/2025

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Justo Emilio Alvarez Jácomo (Orientador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Janaina Moreira de Meneses (Examinadora Interna)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Manoel Eusebio de Lima (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

## RESUMO

O mercado de plástico filme é um setor relevante da indústria e do comércio, com crescente demanda por soluções automatizadas. Este trabalho aplica diferentes modelos do Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) para sistematizar a concepção e criação de uma embaladora automática com foco em acessibilidade. A metodologia adotada estruturou o projeto em quatro etapas: planejamento, projeto informacional, projeto conceitual e projeto detalhado. Como resultado, foi possível fazer uma pesquisa no mercado, uma revisão sistemática sobre patentes, aplicar ferramentas para desenvolvimento do produto e montar um protótipo. Os resultados mostram que através da aplicação da metodologia, foi possível sair de um conceito e obter um protótipo funcional da máquina de embalar, de acordo com os critérios pré estabelecidos no início do projeto.

**Palavras-chave:** Processo de desenvolvimento de produto; embaladora automática; pesquisa de patentes; inovação.

## **ABSTRACT**

The plastic film market is a significant sector within industry and commerce, with growing demand for automated solutions. This work applies different models of the Product Development Process (PDP) to systematize the design and creation of an automatic wrapping machine focused on accessibility. The adopted methodology structured the project into four stages: planning, informational design, conceptual design, and detailed design. As a result, it was possible to conduct market research, perform a systematic review of patents, apply product development tools, and assemble a prototype. The results show that through the application of the methodology, it was possible to move from a concept to a functional prototype of the wrapping machine, in accordance with the criteria established at the beginning of the project.

**Keywords:** Product Development Process; automatic wrapping machine; patent research; innovation.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
1.1 OBJETIVOS.....	11
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>12</b>
2.1 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS (PDP).....	12
2.1.1 Modelo Rozenfeld.....	12
2.1.2 Modelo Back.....	15
2.1.3 Modelo Baxter.....	17
2.2 DESIGN THINKING.....	18
2.2.1 Fase de imersão.....	20
2.2.2 Fase de análise e síntese.....	21
2.2.3 Estágio de prototipagem.....	21
2.3 PRODUTO MÍNIMO VIÁVEL (MVP).....	22
2.3.1 Construir.....	24
2.3.2 Medir.....	24
2.3.3 Aprender.....	24
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>25</b>
3.1 PROPOSTA DO TRABALHO.....	25
3.2 METODOLOGIA UTILIZADA NO TRABALHO.....	25
3.2.1 Planejamento do projeto.....	25
3.2.2 Projeto informacional.....	26
3.2.3 Projeto conceitual.....	28
3.2.4 Projeto detalhado.....	29
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>32</b>
4.1 PLANEJAMENTO DO PROJETO.....	32
4.1.1 Escopo do produto.....	32
4.1.2 Escopo do projeto.....	34
4.2 PROJETO INFORMACIONAL.....	35
4.2.1 Modelos de embaladoras de bancada.....	35
4.2.2 Modelos de embaladoras industriais.....	36
4.2.3 Pesquisa de patentes.....	38
4.3 PROJETO CONCEITUAL.....	42
4.3.1 Análise das patentes selecionadas.....	42
4.3.2 Determinação da estrutura de funções.....	44
4.3.3 Princípios de solução para as funções.....	47
4.3.4 Matriz morfológica.....	48
4.3.5 Módulos das concepções.....	49
4.3.6 Definição da arquitetura.....	51
4.3.7 Dimensionamento.....	53
4.4 PROJETO DETALHADO.....	55
4.4.1 Modelagem.....	55
As peças foram modeladas conforme o dimensionamento apresentado anteriormente	

	8
pela Tabela 13. A Figura 15 apresenta a montagem final do modelo 3D.....	55
4.4.2 Automação.....	56
4.4.3 Fabricação.....	62
4.4.4 Montagem do protótipo.....	63
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>68</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>69</b>
<b>ANEXO A - CÓDIGO UTILIZADO NA SIMULAÇÃO.....</b>	<b>74</b>
<b>ANEXO B - CÓDIGO UTILIZADO NO ARDUINO.....</b>	<b>78</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As cozinhas e o ato de cozinhar estão presentes na vida de todos os seres humanos, no preparo, consumo ou armazenamento de alimentos. Nestas atividades cotidianas, são realizadas diversas ações repetitivas e cansativas, as quais podem ser facilitadas pelo uso de eletrodomésticos e ferramentas. Dentre tais utensílios, o papel filme supre a necessidade de armazenamento e vedação de alimentos, sendo uma opção versátil e de fácil acesso (Ebnesajjad, 2012).

A contenção e proteção são as principais aplicações domésticas dos filmes de PVC. Já em supermercados e pequenos comércios, sua transparência transmite uma segurança ao consumidor em relação ao conteúdo interno, pois permite ver as cores e a aparência do alimento, o que garante uma comercialização por maiores períodos (De Souza, 2009). Ademais, é um material leve e de baixo custo, além de possuir uma fácil aderência a qualquer formato, alta flexibilidade, poder ser selado por aquecimento e boa resistência (Mangaraj, 2009).

Quanto ao uso das máquinas embaladoras de bancada, identificam-se as dificuldades das Pessoas com Deficiência (PCD) ao realizar tal prática, pois os movimentos necessários ao embrulhar um alimento podem ser uma restrição que os impeça de executar essa ação considerada cotidiana para muitos (Martins, 2015).

De acordo com a Associação Brasileira de Embalagem (ABRE, 2023), um estudo macroeconômico exclusivo da indústria brasileira de embalagem (2022), realizado pela FGV, demonstrou que o valor bruto da produção física de embalagens atingiu o montante de R\$ 123,2 bilhões, com o setor plástico correspondendo a 33,6% deste total. Considerando o peso de mercado do papel filme, trazer uma inovação para o setor é bastante promissor e possui grande potencial de rápido retorno financeiro.

Em vista de tudo o que foi citado, o presente trabalho tem como tema a aplicação da metodologia PDP no desenvolvimento de uma embaladora automática de plástico filme de bancada, buscando assim, por meio de uma inovação, solucionar os problemas advertidos por aqueles que fazem uso do papel filme em seu cotidiano, como também busca integrar e auxiliar pessoas com problemas físicos a essa prática.

Para o projeto da embaladora, foram realizadas pesquisas relacionadas ao tema, análises de mercado e aplicação da metodologia de processo de desenvolvimento de produto. Quanto à verificação de desempenho da máquina, foram estabelecidas metas a serem cumpridas baseadas no funcionamento desejado. O cumprimento dos objetivos foi aferido a partir do desenvolvimento de um protótipo funcional com uso de impressão 3D, juntamente à plataforma arduino, que foi utilizada como controlador. Assim, buscando uma padronização de procedimentos, foi determinada a metodologia de projetos e desenvolvimento de produtos como abordagem para o desenvolvimento da embaladora.

Como resultado, foi possível aplicar a metodologia PDP e suas devidas ferramentas, obtendo um escopo para o projeto e um para o produto, uma pesquisa de mercado voltada a embaladoras de bancada e uma revisão sistemática de patentes de embaladoras industriais. Além disso, foi determinada a função total da máquina e sua estrutura de funções, chegando até as soluções para as funções e a matriz morfológica, que gerou módulos e um croqui. Por fim, foi realizada a modelagem 3D completa da máquina, o código para funcionamento e a construção e otimização do protótipo.

## 1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho foi a aplicação da metodologia PDP para desenvolvimento de uma embaladora de plástico filme com foco em acessibilidade física. Como objetivos específicos podem-se citar:

- Analisar o mercado em relação ao produto escolhido;
- Determinar metas de avaliação para o produto;
- Implementar a metodologia de projetos para desenvolvimento de produtos;
- Desenvolver um protótipo para a embaladora de plástico filme;
- Avaliar o protótipo conforme metas definidas.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS (PDP)**

A metodologia de desenvolvimento de produtos pode ser definida como etapas seguidas por uma empresa para obtenção de algo inovador, a partir das necessidades do mercado, considerando o estado da técnica e superando os desafios tecnológicos existentes, através de estratégias para obtenção do processo de produção e manufatura, com objetivo de atingir as especificações do produto idealizado. A importância do PDP fica evidente através de sua definição, pois se propõe a identificar as necessidades do mercado e dos clientes, desde a idealização do produto até a manufatura, desenvolvendo uma mercadoria que atinja resultados satisfatórios no tempo adequado e de forma competitiva (Rozenfeld et al, 2006).

Assim, conforme o desenvolvimento do PDP, o método foi encarado por autores de formas diferentes, e diferentes modelos foram desenvolvidos. Neste trabalho são abordados os modelos Rozenfeld et al (2006), Nelson Back (2008) e Baxter (2008).

#### **2.1.1 Modelo Rozenfeld**

O modelo proposto por Rozenfeld et al (2006), utiliza como base três macrofases, sendo elas: O pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento. Todo o processo é dividido em macrofases, fases e atividades. As macrofases de pré-desenvolvimento e pós-desenvolvimento são menos trabalhadas, pois dependem da abordagem de cada empresa e podem ser aplicadas em diferentes áreas.

Em desenvolvimento temos a divisão das fases ou gates, as quais são: Planejamento do projeto, projeto informacional, projeto conceitual, projeto detalhado, preparação da produção e lançamento do produto. Uma fase finaliza somente quando os resultados pré estabelecidos são entregues, após isto, estes resultados construídos são “congelados”, ou seja, estes só podem ser modificados

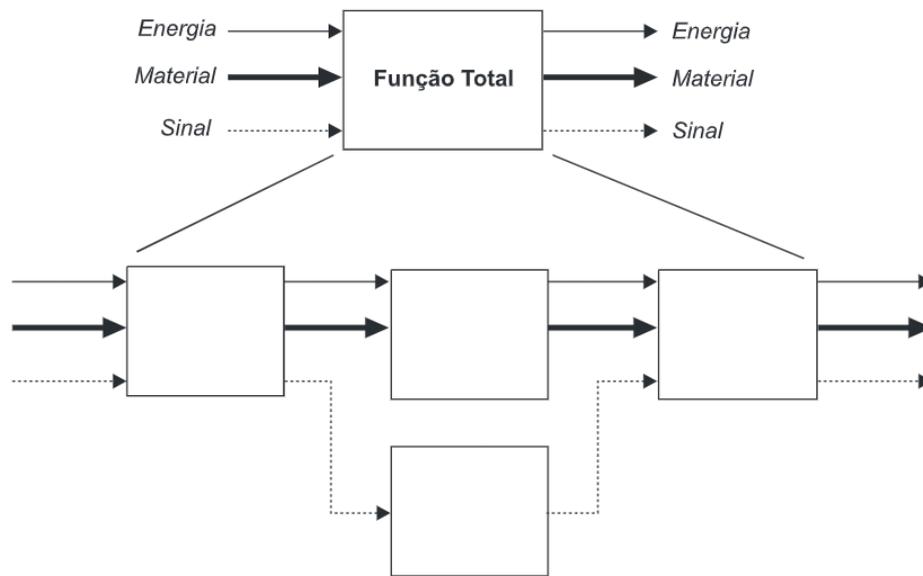
a partir de um processo de mudança controlado (De Lima et al, 2007).

Inicialmente temos o planejamento do projeto que determina o plano de projeto, ou seja, onde serão estabelecidos os limites do projeto e do produto a partir do escopo, definindo quais serão os recursos, conhecimentos tecnológicos utilizados, planejamento estratégico da empresa, informações dos clientes, tendências tecnológicas e mercadológicas a serem seguidas, além de determinar os interessados do projeto. Após a finalização do plano, inicia-se a fase de projeto informacional, que tem como objetivo estabelecer as “Especificações-meta”, que basicamente são um conjunto de informações que serão norteadoras para o projeto e produto, sendo base para os critérios de avaliação e tomada de decisão (Rozenfeld, 2006).

Quanto ao projeto conceitual, Rozenfeld (2006), trata como uma etapa criativa do projeto, a qual procura abordar o problema e resolvê-lo por meio de ferramentas e de atividades.

Esta etapa pode ser dividida em busca, criação, representação e escolha de soluções para o problema abordado. A busca é relacionada à pesquisa de equipamentos similares ao que se quer desenvolver, ela pode ser realizada em livros, artigos, patentes, em um catálogo de produtos concorrentes e entre outros métodos. A criação vem a partir da busca, pois é o desenvolvimento do produto através dos dados pesquisados e ideias criativas de projeto. Nesta etapa é determinada a função total do produto, conforme o esquema da Figura 1.

Figura 1. Esquemático da função total e suas funções mais simples.



Fonte: Rozenfeld. (2006).

Como demonstrado pela Figura 1, a função total é determinada juntamente com as energias, materiais e sinais de saída e entrada. Porém, para elaboração do projeto, essa função deve ser destrinchada em outras menores até chegar nas operações finais do produto. A partir das funções definidas, é necessário determinar as soluções para tais mecanismos, por meio de ferramentas de escolhas como *brainstorms*, matriz morfológica, TRIZ e muitos outros, para enfim selecionar as que melhor suprem os requisitos dos clientes, os limites impostos pela tecnologia e quesitos previamente definidos. Por fim, a representação envolve a elaboração de esquemas, desenhos, croquis e modelos 3D. Em geral todos esses são compilados em um conjunto de criação (Rozenfeld, 2006).

O processo realizado no projeto detalhado é chamado de *bottom up* (de baixo para cima), pois efetua a integração de componentes desenvolvidos anteriormente até a formação de um sistema, que quando em conjunto com outros formam o produto.

O projeto detalhado é feito a partir de ciclos e não processos lineares, que acabam por gerar realização de atividades paralelas. Os ciclos são denominados como: Ciclo de detalhamento, ciclo de aquisição e ciclo de otimização. O ciclo de detalhamento é onde ocorre a produção dos sistemas, subsistemas e componentes (SSCs), basicamente é o cálculo, pesquisa, criação, desenho, integração,

documentação e realização da tabela BOM, sendo uma fase de elaboração das partes. Já no ciclo de aquisição, é determinado se os componentes selecionados serão comprados ou produzidos, como também são realizados os cálculos de custo para fabricação ou compra. Por fim, o ciclo de otimização tem como objetivo a construção de protótipos para avaliação dos SSCs, e a partir destes, são desenvolvidas otimizações tanto para o produto como para o processo (Rozenfeld, 2006).

Após a definição do produto, ocorre o *gate* de preparação da produção do produto, definindo todas as etapas da cadeia produtiva, o qual garante que o processo fabrique o item com as mesmas qualidades do protótipo. Por fim, o lançamento do produto trata dos processos de venda e distribuição, atendimento do cliente, assistência técnica e marketing da mercadoria (Rozenfeld, 2006).

### **2.1.2 Modelo Back**

O modelo de Nelson Back (2008), traz consigo o conceito de engenharia simultânea, que pode ser definido como uma colaboração entre diversas áreas de conhecimento na aplicação de desenvolvimento de um produto, contando com o gerenciamento do projeto para uma produção mais rápida, mais efetiva e barata, além de ser integrado ao todo ciclo de vida do produto

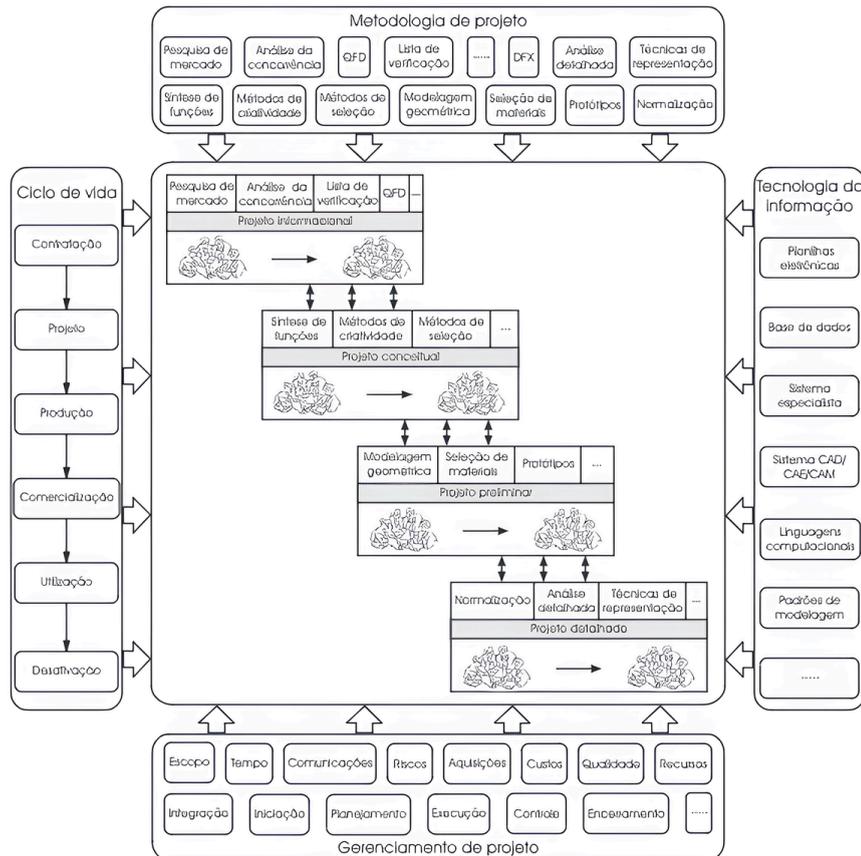
Dentro da engenharia simultânea, tem-se elementos denominados como princípios e variáveis. Os princípios de uma forma mais geral, atuam como os elementos predominantes no desenvolvimento do projeto, como restrições de projeto ou fabricação, a propagação do conteúdo gerado pelo projeto, ciclo de vida do produto, a qualidade do produto e as preferências dos clientes. Por outro lado, as variáveis, são definidas como elementos que são mutáveis conforme o projeto, exemplos são as equipes de projeto, a realização das atividades de forma paralela, a integração dos clientes no projeto e as ferramentas utilizadas (Back et al, 2008).

Os modelos trazidos por Back (2008), possuem diferentes formas de diagramação e representação, porém num compilado geral, tratam das mesmas etapas mencionadas por Rozenfeld na macrofase de desenvolvimento. Em alguns modelos são adicionados também, etapas como marketing, projeto do processo,

projeto de manufatura, testes e entre outras etapas que são similares ou inseridas em outras fases.

Dentre os modelos abordados, um se destaca por sua melhor visualização das etapas em conjunto com as ferramentas para uma melhor execução do projeto. Este método é ilustrado pela Figura 2.

Figura 2. Modelo completo e integrado para desenvolvimento de produto.



Fonte: Back et al (2008).

Nesta representação, tem-se definido o ciclo do produto de forma genérica, processos de metodologia do projeto, ferramentas para gerenciamento do projeto, como também, alguns sistemas tecnológicos que podem ser utilizados para realização do modelo.

Ao realizar atividades de forma simultânea, com as diferentes equipes de projeto, atinge-se a ideia do modelo, que é o foco na redução de tempo. Quando comparado a processos tradicionais e sequenciais, a aplicação do método resulta na entrega antecipada de muitas tarefas, isto ocorre através da realização das ações durante fases anteriores ou no intermédio de etapas por outras equipes, agilizando

bastante o processo quando comparado a métodos em que as atividades são somente iniciadas quando se finaliza uma fase (Back et al, 2008).

### 2.1.3 Modelo Baxter

O modelo trazido por Baxter (2008), consta com o uso do funil de decisões para realização do projeto (Figura 3).

Figura 3. Funil de decisões.



Fonte: Baxter (2008).

O funil é uma representação do projeto completo e suas variações de incertezas e riscos provindas das decisões tomadas. Basicamente, o modelo traz nos retângulos sombreados as alternativas possíveis e nas formas arredondadas as decisões do projeto.

As etapas do funil podem ser divididas em três, estratégia de negócios, oportunidade de negócios e projetos e desenvolvimento de produtos. Na fase de estratégia de negócios, o foco é a decisão da empresa sobre querer ou não correr o risco de inovar. Após, ocorre a etapa de oportunidade de negócios, caso haja a

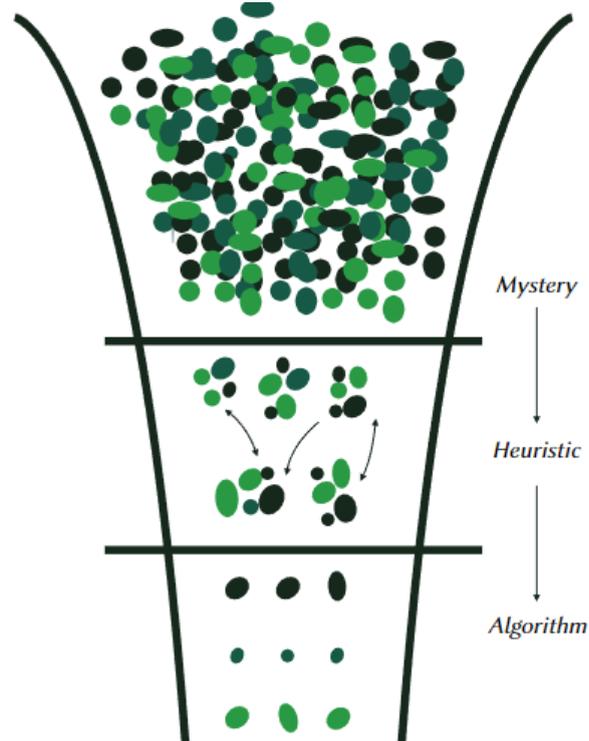
intenção de inovar por parte da empresa, é realizado um estudo de área de atuação, econômico, análise de mercado, de estilo e aprimoramento de produtos já existentes, com objetivo de examinar todas as opções para o desenvolvimento de seu produto. Por fim, a fase de projetos e desenvolvimento de produtos possui decisões menos arriscadas quando comparado às outras, além disso quanto mais desenvolvido o projeto, menor é o risco, esta fase busca a oportunidade específica para o desenvolvimento de novo produto, os princípios de funcionamento do novo produto, a configuração do produto e o projeto detalhado para a produção (Baxter, 2008).

## 2.2 DESIGN THINKING

Outro método bastante difundido para o desenvolvimento e gerenciamento de projetos de produtos é o *design thinking*. Do inglês, *design* se refere a projeto e *thinking*, a pensamento, uma tradução literal válida para o termo pode ser pensamento de projeto.

A Figura 4, ilustra um dos conceitos presentes no *design thinking*, o funil de conhecimento.

Figura 4. Funil de conhecimento.



Fonte: De Oliveira (2014).

Esta representação exemplifica bem a ideia do método, que é fazer o complexo se tornar simples. De início temos um mistério, desenvolver algo apenas com uma noção, a partir disso, passamos para uma fase heurística, onde as ideias são organizadas, por meio de ferramentas e pesquisa e por fim, temos um algoritmo, sendo o resultado do projeto completo (De Oliveira, 2014).

Além disso, o método tem como objetivo a utilização do conhecimento difundido por projetistas em relação ao gerenciamento das necessidades humanas e recursos disponíveis, para resolver problemas e desenvolver produtos centrados no cliente, por meio de grupos multidisciplinares e práticas criativas e interativas (Macedo, Miguel e Casarotto Filho, 2015) .

O design thinking, de acordo com Vianna et al (2012), é uma abordagem que pode ser dividida em etapas, mas não necessariamente em fases subsequentes. Os processos realizados inicialmente podem ser aplicados ao final do projeto, sendo enxergados como um emaranhado de um todo, onde um estágio pode afetar diretamente outro.

Nesta linha de raciocínio, as fases do método podem ser divididas em três,

denominadas como imersão, análise e síntese e estágio de prototipagem.

### **2.2.1 Fase de imersão**

A etapa de imersão garante que o time de projetos não pense somente no produto como um processo de sua empresa, nem como uma mercadoria para ser vendida a uma outra empresa e sim no usuário final do produto, o chamado cliente do cliente (Vianna et al, 2012).

Esta fase inicial é dividida em duas, imersão preliminar e aprofundada. A preliminar identifica e reafirma o problema gerando um entendimento inicial. Por outro lado, a fase aprofundada busca as necessidades e oportunidades que o produto pode suprir (Vianna et al, 2012).

Ambrose e Harris (2010), trazem como ferramenta para o estágio preliminar a criação de um resumo do produto com metas estabelecidas, podendo ser algo escrito ou somente falado. Como ferramenta para um bom *brief*, um *check-list* é sugerido, o qual consta com pontos a serem validados para uma boa definição do problema, são eles: Você entende o que o cliente quer?, Os clientes entendem o que querem?, Você concorda com a definição dos termos? O *brief* tem algum defeito? Você consegue gerenciar as expectativas dos clientes?.

Após o tema do projeto, devem ser traçados os objetivos do design, sendo específicos e baseados no que o cliente deseja. Enfim, deve ser determinado o propósito do projeto, o que irá guiar os valores e ideias apresentados pelo produto aos clientes.

A etapa de imersão aprofundada consta com uma pesquisa qualitativa dos clientes, seus pensamentos, suas opiniões, como agem e como se sentem, buscando oportunidades para o produto final. Essa parte do projeto, realmente traz à tona o aspecto humano do desenvolvimento, colocando em contato o cliente com a equipe, gerando uma empatia por parte do time com o consumidor final. Para obter a aproximação desejada, alguns procedimentos são feitos, como entrevistas, que ajudam a entender o ponto de vista do cliente, e uso de sondas culturais, que coletam informações sobre o usuário de forma indireta, sem modificar os padrões de seu dia-dia (Vianna et al, 2012).

### **2.2.2 Fase de análise e síntese**

Esta é uma etapa complexa, onde as informações coletadas, são analisadas e transformadas em soluções para o problema. Através de *brainstorms* junto a equipe, soluções são desenvolvidas e testadas, com objetivo de encontrar o melhor funcionamento para o sistema em questão (Bonini e Sbragia, 2011).

Algumas uma das práticas indicadas por Vianna et al (2012) para essa etapa são as cartas de *insight*, basicamente os dados coletados são transformados em cartas com título, fonte e uma possível sistema para o projeto, essa ferramenta auxilia na consulta de opções para o produto, como também a organizar as ideias. Outro instrumento prático para essa etapa é o mapa conceitual, que consiste na criação de um fluxograma para organização das ideias e dados complexos de forma simples e de fácil visualização.

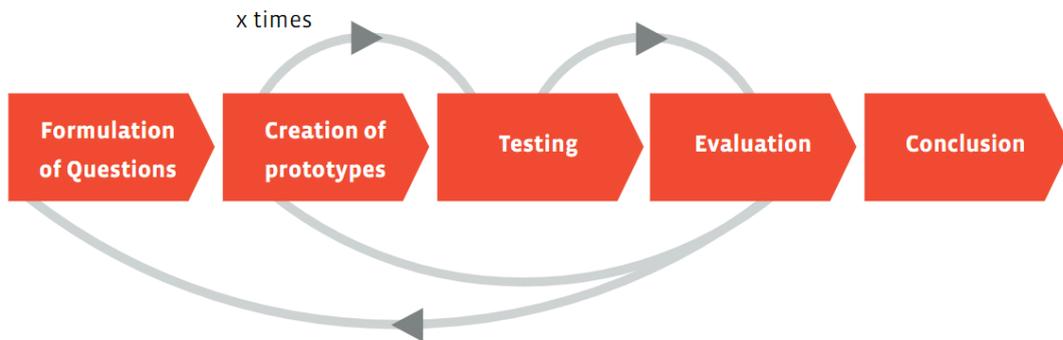
Enfim, um dos modelos testados e analisados deve ser escolhido para finalização desta etapa. Para uma boa decisão, é importante se perguntar: O design atende o que foi traçado pelo *briefing* e comunicará de forma eficiente com o cliente?, o modelo que mais se aproximar da resposta desta pergunta será o mais indicado para ser o produto final.

### **2.2.3 Estágio de prototipagem**

Neste estágio, protótipos dos sistemas escolhidos são montados para testes, tanto das partes mecânicas, como também eletrônicas e visuais do produto (Ambrose e Harris, 2010).

A etapa de prototipagem é representada pela Figura 5.

Figura 5. Fases do estágio de prototipagem.



Fonte: Vianna et al (2012).

Basicamente, o processo requer a formulação de questões para entender as soluções previamente determinadas. Após isso, entra a parte de criação dos protótipos, onde são efetuadas as construções e montagem. Enfim, na etapa de avaliação, é onde são realizados os testes dos protótipos com base nas questões e metas determinadas, caso não sejam validados, o processo retorna ou para fase de formular novamente as questões ou de criação de protótipos, isto depende das falhas encontradas no protótipo. Caso atinja as expectativas estabelecidas, o modelo segue para a conclusão do projeto (Vianna et al, 2012).

Além disso, são traçadas estratégias mercadológicas para o produto finalizado, criando protótipos de modelos de negócios, para melhor identificar formas de impulsionar a solução, além de trazer estratégias operacionais e econômicas para o projeto (Bonini e Sbragia, 2011).

### 2.3 PRODUTO MÍNIMO VIÁVEL (MVP)

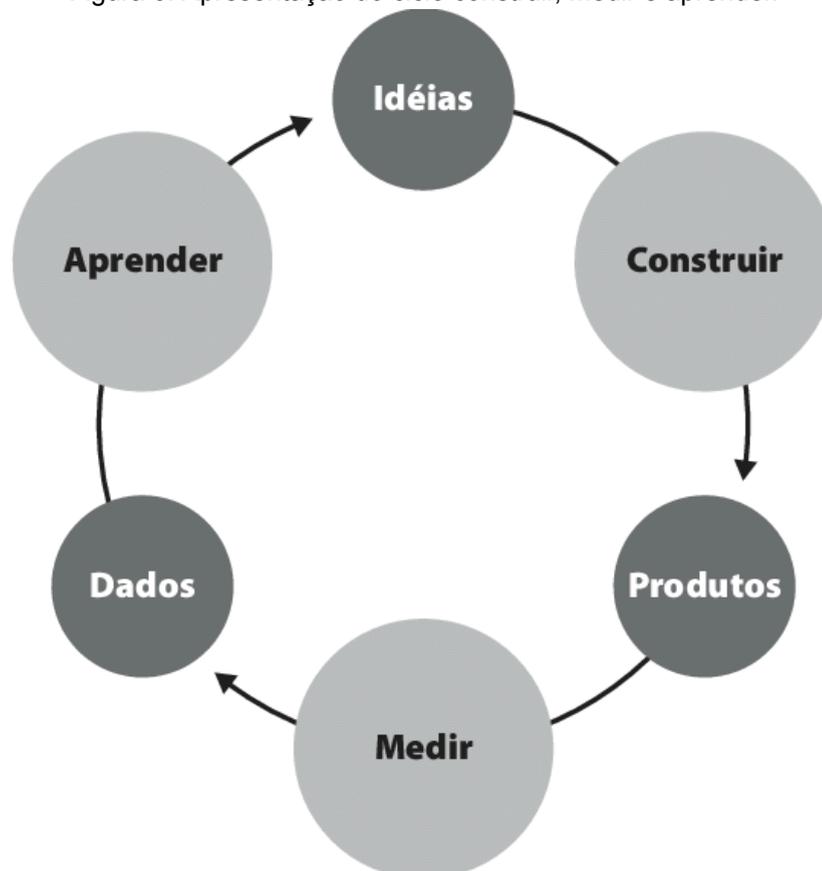
O modelo de desenvolvimento de produtos MVP, chamado de produto mínimo viável, foi desenvolvido a partir da metodologia Lean, que busca de processos enxutos, e se destaca devido a sua velocidade, preocupação com gastos e aprendizagem (Guimarães, 2021). Devido a seu funcionamento por meio de ciclos, o MVP permite a criação de novos produtos diretamente avaliados e reavaliados pelos clientes em potencial, gerando produtos funcionais com mínimo esforço e tempo de desenvolvimento possível (Pinto, 2022).

Segundo Biazoto et al. (2022), a metodologia MVP foi desenvolvida por

Frank Robson, CEO da *SyncDev inc*, porém foi difundida pelo autor do livro “*The Lean Startup*”, Eric Ries. Atualmente, o MVP vem sendo a metodologia de foco, nas *startups* de inovação e desenvolvimento de produtos, já que propõem tirar uma ideia de forma rápida, prática e econômica do papel.

Por meio de um ciclo de três etapas, a metodologia se propõe desenvolver e testar hipóteses de produtos para o mercado (Pinto, 2022). A Figura 6 apresenta o funcionamento dos ciclos.

Figura 6. Apresentação do ciclo construir, medir e aprender.



Fonte: Ries. (2011).

Conforme exposto na Figura 6, as etapas presentes no ciclo são, construir, medir e aprender, e cada uma gera as respectivas saídas de produtos, dados e ideias. Assim, o estágio de construir é onde se apresentam as ideias de produtos, que são medidos com o público alvo para obtenção de dados, e por meio destes dados é realizado o aprendizado que gera novas ideias, reiniciando o ciclo (Ferentz, 2021).

### **2.3.1 Construir**

A etapa de construir se baseia na apresentação da ideia, podendo ser feita de forma simples e direta como um modelo ou uma página de divulgação explicando os pontos do produto. O objetivo desta etapa não é lançar um produto acabado e sim uma validação da premissa buscando maximizar o aprendizado antes da versão final. Esta fase do ciclo pode ser aprimorada conforme se concluem as outras etapas, utilizando as hipóteses obtidas para uma nova construção (Guimarães, 2021).

### **2.3.2 Medir**

Esta fase é de grande relevância no ciclo, pois a partir dos dados coletados durante a apresentação ao público é possível seguir com o aprimoramento do produto (Ferentz, 2021).

Inicialmente o cliente alvo é determinado, com isso, conforme a resposta do mercado ao que foi apresentado na etapa anterior, os dados são coletados sobre melhorias, partes válidas para o produto e quais precisam ser modificadas ou descartadas. Conforme a metodologia base do *Lean* a etapa deve seguir um processo rápido e baseado em informações concretas, ou seja, devem ser informações que atuem diretamente na tomada de decisão para o produto. Além disso, é uma fase que permite verificar se a proposta do produto está alinhada ao que o público espera receber, podendo modificar e eliminar hipóteses antes desenvolvidas (Guimarães, 2021).

### **2.3.3 Aprender**

Por fim, a última etapa do ciclo é a aprender, onde a empresa toma a decisão de seguir com a hipótese e reiniciar o processo, continuando com o desenvolvimento do produto, ou seguir com a pivotação da ideia, que é a correção da base da proposta recorrendo a novas hipóteses fundamentais sobre o produto (Guimarães, 2021).

### 3 METODOLOGIA

A finalidade deste trabalho consta como uma pesquisa aplicada, tratando de objetivos descritivos, com uma abordagem qualitativa e quantitativa, por meio do método hipotético-dedutivo e tem como procedimentos o uso de abordagem bibliográfica e estudo de caso.

As próximas seções esclarecem os passos de desenvolvimento do trabalho, contando com a proposta do trabalho e metodologia utilizada.

#### 3.1 PROPOSTA DO TRABALHO

A proposta deste trabalho é de desenvolver e construir um protótipo de uma embaladora de papel filme a partir de pesquisas de mercado e aplicação de metodologias e ferramentas de desenvolvimento de produto. O projeto foi realizado por meio do método PDP seguindo o modelo de Rozenfeld, mas com uso de ferramentas propostas tanto pelos outros modelos dos tópicos 2.1.2 e 2.1.3, como pelo método de design thinking e MPV .

Após a análise em pesquisas acadêmicas e patentes de máquinas equivalentes, foi realizada a modelagem 3D completa da máquina e construído o protótipo, utilizando impressão 3d como estrutura e a plataforma Arduino como controlador dos devidos componentes eletrônicos.

#### 3.2 METODOLOGIA UTILIZADA NO TRABALHO

##### **3.2.1 Planejamento do projeto**

Na etapa de planejamento do projeto, foram definidos os escopos tanto para o produto quanto para o projeto, garantindo um direcionamento claro para ambos e facilitando a organização das ideias. Assim, os requisitos para a realização do projeto foram elucidados juntamente aos critérios de avaliação do produto.

Para iniciar a elaboração do escopo do produto, Rozenfeld (2006), aconselha o uso de tópicos já difundidos para a realização de um *brainstorm* das necessidades do produto. Dentre os tópicos listados, alguns foram selecionados para a utilização no presente trabalho, são eles: desempenho, meio ambiente, vida em serviço,

eficiência, transporte, infraestrutura, tamanho e peso, materiais, normas, implicações sociais e operação, segurança e instalação.

A partir da realização do brainstorm, as ideias válidas são selecionadas conforme os tópicos estabelecidos e organizadas com prioridade para determinações qualitativas. Além disso, são definidas metas de funcionamento para os pontos abordados, resultando em um escopo consistente para o projeto.

O escopo do projeto foi elaborado a partir de um modelo de lista de verificação, abordando os principais pontos do projeto, sendo eles: Objetivo do projeto, entregas, marcos, requisitos técnicos e limites, e exclusões.

### **3.2.2 Projeto informacional**

Na etapa de projeto informacional foi executada uma pesquisa de mercado para melhor o entendimento das embaladoras já consolidadas. Além disso, uma pesquisa de patentes foi efetuada para uma melhor análise de funcionamento dos sistemas e subsistemas desenvolvidos anteriormente pelo estado da técnica.

Para a elaboração da pesquisa de mercado, as máquinas analisadas foram divididas em modelos de bancada e industriais. Os modelos de bancada foram escolhidos com base nos modos de funcionamento das máquinas de pequeno porte já utilizadas no dia a dia, buscando diversidade nos sistemas utilizados. O foco da pesquisa de mercado para embaladoras de bancada foi o entendimento do funcionamento das máquinas consolidadas. Assim, os pontos estudados buscaram tratar do funcionamento do produto, além de classificar as embaladoras pesquisadas por modelos encontrados no mercado.

Já as máquinas industriais, foram divididas em 6 diferentes versões de acordo com o sistema de embalagem, sendo elas: embaladoras, envolvedoras, enfaixadoras, máquinas de cintagem, paletizadoras e retractilizadoras (Navarete Álvarez, 2024).

O estudo de patentes foi desenvolvido por meio de pesquisa de diferentes palavras-chave nos bancos de patentes mundiais Wipo, Google Patentes, Lens.org e Espace Net. Conforme a proximidade dos temas aos requisitos do produto, as patentes foram filtradas e analisadas para utilização como base dos sistemas do

projeto. A pesquisa de patentes foi realizada com o objetivo de obter um entendimento mais claro do que se foi desenvolvido até então na área de interesse. Assim, foi realizado um método de pesquisa que faz uso de diferentes palavras-chave em bancos de dados internacionais focados em patentes, buscando melhores resultados de estado da técnica.

O primeiro passo foi a escolha dos sites que possuíam um grande acervo de patentes, facilitando a busca por patentes interessantes ao projeto. Com isto em mente, foram testados e selecionados sites conforme a quantidade de resultados alinhados com o foco do projeto.

Nos bancos selecionados foram inseridas as combinações de palavras-chave e analisados títulos e resumos presentes nos primeiros vinte resultados sugeridos. As patentes que se aproximavam da proposta do trabalho foram classificadas como resultados relevantes e contabilizadas. O total de patentes relevantes, por palavra-chave, foi anotado em uma tabela no software Google Planilhas, juntamente com a quantidade de resultados totais.

Na próxima etapa, as patentes relevantes coletadas foram armazenadas em planilhas separadas por site. Nestas planilhas, as colunas foram determinadas como palavra-chave, número da patente, título, inventores, data de publicação, resumo, país, link e relevância. As patentes foram re-avaliadas a partir da leitura dos resumos presentes nas telas de detalhes. A coluna de relevância foi dividida em três classificações qualitativas: muito relevante, relevante e não relevante, conforme a aproximação dos objetivos do projeto. Assim, as patentes classificadas como muito relevantes foram separadas em uma outra planilha, enquanto as relevantes foram reclassificadas após a revisão de seus resumos e a verificação dos desenhos e arquivos compilados, para serem consideradas muito relevantes ou não relevantes. As patentes não relevantes foram descartadas.

A última fase de seleção consiste na leitura e análise dos documentos definidos anteriormente como muito relevantes. A seleção foi baseada em dois principais pontos, as limitações técnicas das patentes, como linguagem e falta de arquivos necessários nos bancos de dados, e alinhamento geral com o projeto, onde apesar de algumas possuírem resumos muito relevantes, a patente em sua totalidade não era de utilidade para o projeto. Por fim, as patentes selecionadas

foram utilizadas para desenvolvimento de soluções para o projeto.

### **3.2.3 Projeto conceitual**

No presente trabalho o projeto conceitual foi dividido entre as etapas de análise de patentes selecionadas, determinação da estrutura de funções da máquina, desenvolvimento do princípio de solução para cada função, determinação de soluções por meio de matriz morfológica, módulos das concepções, escolha da arquitetura do produto e dimensionamento da máquina.

Com a conclusão da pesquisa de patentes, as máquinas selecionadas foram analisadas por completo, buscando padrões de funcionamento e ideias para uso em sistemas e componentes do projeto.

Seguindo para o desenvolvimento do produto, foi determinada a função total do projeto. A função é determinada junto às suas entradas e saídas, funcionando como uma caixa preta que recebe informações de energia, matéria prima e sinal e as converte em energia, material e sinal (Rozenfeld, 2006). Então, a função total foi determinada através do que se espera do produto e o que ele realiza.

A partir da divisão da função total em funções mais específicas, chega-se à estrutura de funções, onde sequencialmente são realizadas ações que possuem entradas e saídas próprias. Porém, ao início do processo são utilizadas as entradas da função total e ao final suas saídas.

Com a estrutura de funções definida, foi possível seguir para a etapa de determinação dos princípios de soluções, a qual impõe diferentes soluções para as funções da máquina, sem precisar se aprofundar no funcionamento prático. A partir das soluções, por meio da matriz morfológica, foram montadas as possíveis máquinas que atendessem os requisitos atribuídos. A matriz morfológica conta com uma coluna voltada para as funções das estruturas de funções, e outras colunas como opções de máquinas. Portanto, cada máquina possui uma solução que se encaixa melhor em seu funcionamento em cada linha de função.

As máquinas que apresentaram ter concepções funcionais como soluções, são escolhidas para a determinação de seus módulos. Módulos são um conjunto de componentes que formam um sistema de preferência independente e com

interações bem definidas, facilitando a manutenção da máquina e a modificação do projeto, caso necessário (Rozenfeld, 2006). Desta forma, os módulos foram determinados e desenvolvidos.

Após o projeto dos módulos, avança-se para a definição da arquitetura que foi utilizada. Para uma comparação justa, foi utilizado a ferramenta de matriz de decisão, que utiliza uma das máquinas como referência e compara as outras em relação a um tópico específico, preenchendo com “+” em caso de superioridade, “-” em caso de inferioridade e “S” em caso de similaridade. A máquina que obtiver maior número de pontos positivos é selecionada pela matriz de decisão. Durante o projeto, como pontos de avaliação, foram utilizados os critérios determinados no escopo do produto.

Definida a arquitetura, o croqui da máquina foi elaborado e apresentado, seguindo para seu dimensionamento. Para as peças mecânicas da máquina, foi proposto um dimensionamento com foco nas medidas definidas pelo escopo do produto, além de dimensões que proporcionam durabilidade e estrutura para a máquina. Já os motores foram divididos conforme sua função, os servos foram dimensionados de acordo com seu torque, utilizando-se assim do peso necessário a ser erguido pelo servo para determinação de sua potência. O motor de passo foi selecionado de acordo com sua função.

### **3.2.4 Projeto detalhado**

O projeto detalhado consiste nas seguintes etapas: modelagem, automação, fabricação e montagem do protótipo. Esta macrofase é a última deste projeto e tem como objetivo chegar no produto final, juntamente com o desenvolvimento do protótipo.

Na etapa de modelagem, o projeto saiu dos desenhos bidimensionais e seguiu para o modelo 3D, por meio do uso do software Fusion 360 da Autodesk. As peças foram modeladas conforme o dimensionamento.

Para a operação da máquina foi necessário determinar a automação do projeto, assim, foi utilizado como base a criação do modelo de máquina de estados, que divide o funcionamento em estados que são iniciados conforme a ativação ou

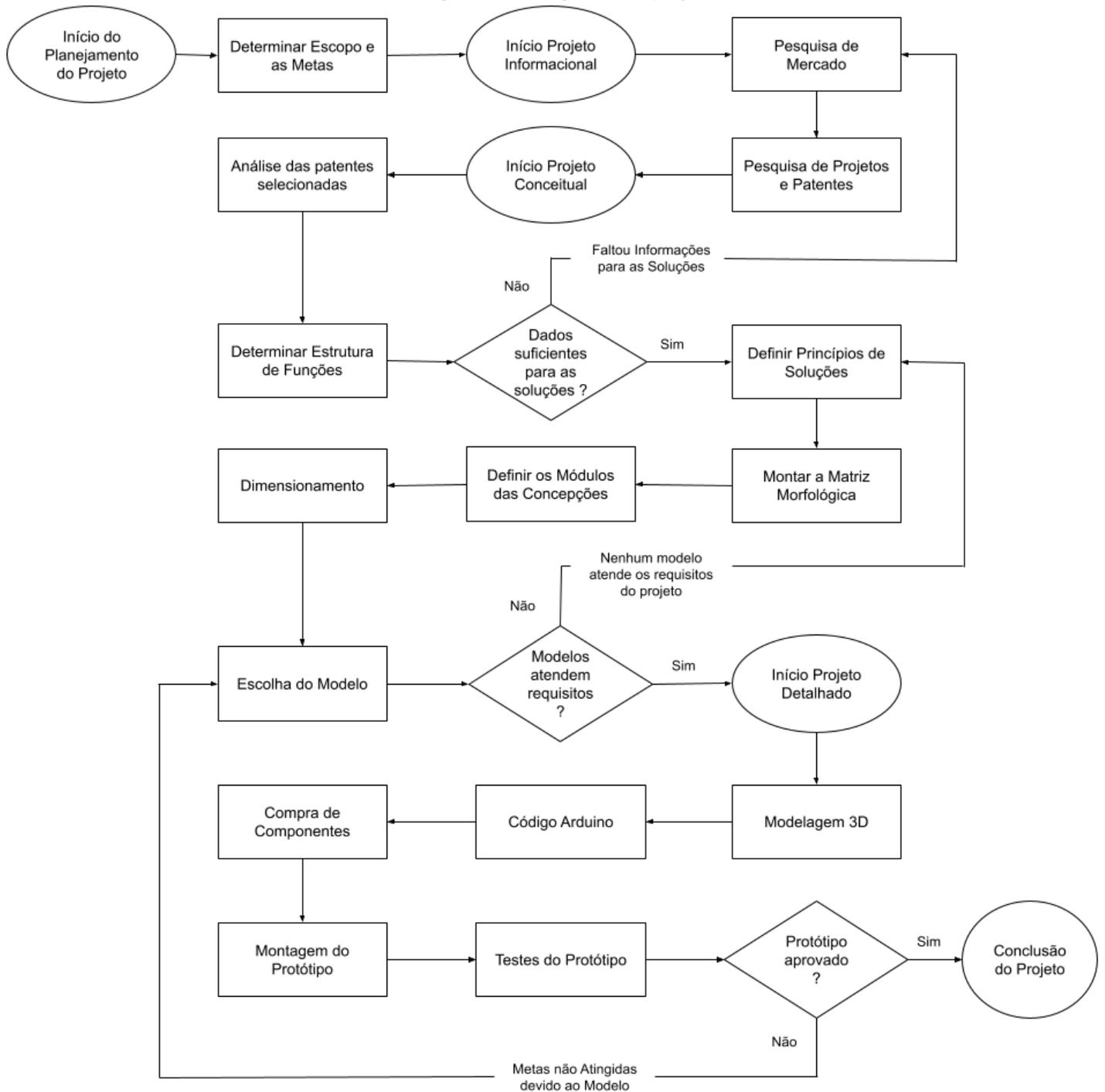
desligamento das entradas. A lógica da máquina de estados foi testada por meio da simulação no *software Tinkercad*, que permite criar circuitos elétricos e códigos para o Arduino. Após a simulação, o código foi aplicado e testado na IDE do Arduino.

O processo de fabricação foi elucidado a partir das etapas de produção, trazendo os principais pontos de montagem do produto, além de matérias-primas para as peças.

Para a montagem do protótipo, decidiu-se que as peças mecânicas seriam fabricadas por impressão 3D. A parte eletrônica foi controlada por uma placa Arduino Uno, escolhida pela sua versatilidade e praticidade, ampliando as possibilidades do projeto. O protótipo montado foi então testado e comparado com os requisitos inicialmente estabelecidos para o produto.

A Figura 7 esquematiza todo o processo metodológico em um fluxograma.

Figura 7. Fluxograma do projeto.



Fonte: Autoria própria (2025).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 PLANEJAMENTO DO PROJETO

Na etapa de planejamento do projeto foram determinados os escopos tanto para o produto como também para o projeto.

#### 4.1.1 Escopo do produto

Foi executado um *brainstorm* com objetivo de estabelecer tópicos importantes para o produto, levando em consideração a necessidade do cliente e a melhor forma de uso para a máquina. O resultado é demonstrado pela Tabela 1.

Tabela 1. Brainstorm dos requisitos do produto de acordo com a necessidade do cliente.

Tópico	Pontos válidos para o produto				
Desempenho	Compacto e Independente	Simples Utilização	Embalar artigos de vários tamanhos	Armazenar 2 rolos	
Meio ambiente	Utilização de motores simples e eficientes	Consumo eficiente de papel filme			
Vida em serviço	Boa Durabilidade	Componentes de fácil substituição			
Eficiência	Embalamento rápido	Fácil reposição do rolo	Baixo consumo de energia		
Transporte	Alças para movimentação	Formato quadrado/retangular			
Infraestrutura	Fácil limpeza	Bivolt	Visor integrado		
Tamanho e peso	Empacotamento 20 x 25 cm	Peso até 5 kg			
Materiais	Carcaça inox	Tampa plástica	Visor de Acrílico	Arduino para controle	Motores DC
Normas Técnicas	Cores claras	Vedação total	Nenhum contato manual		

(Continua)

Tabela 1 - Continuação

Segurança	Sensores de parada	Botão de emergência	Proteção no sistema de corte		
Implicações Sociais	Botões sensíveis ao toque	Marcações em braille	Indicações por LED		
Operação e Instalação	Portabilidade	Embalamento somente com papel filme	Painel de controle intuitivo		

Fonte: Autoria própria (2025).

Os pontos apresentados pela Tabela 1 trazem aspectos desejados para o produto. Porém, para determinar o escopo completo, foi necessário o uso prioritário de determinações qualitativas, além da imposição de metas de funcionamento para os tópicos abordados.

Com base nos dados da Tabela 1, foram determinadas as especificações do produto. A Tabela 2 elucida tais itens.

Tabela 2. Escopo do produto.

<b>Requisitos</b>	
Compacto e Independente	Volume final menor que 40 por 40 por 40 centímetros. Não depender de nenhum outro dispositivo.
Embalar artigos de vários tamanhos	Variação da área de embalagem de até 25 por 25 centímetros.
Consumo eficiente de papel filme	Embalamento sem falhas com apenas 2 voltas de embrulho.
Utilização Simples	Quantidade de botões de interação menor que 2.
Boa durabilidade	Duração de vida útil de até 6 anos; Fácil manutenção.
Fácil reposição do rolo	Reposição com no máximo 8 movimentos não complexos sem exigir força física. Atende ao tamanho de rolo mais popular.
Embalamento Rápido	Ciclo de cada embalagem menor que 30 segundos.
Infraestrutura	Bivolt (220v e 110v); Carcaça Inox (AISI 304); Tampa Plástica; Visor de Acrílico; Sensores de proximidade.
Sem contato manual	Processo de embalagem 100% Automático.
Portabilidade	Peso Total menor que 5 quilogramas.

(Continua)

Tabela 2 - Continuação

Segurança	Botão de emergência; Proteção física no sistema de corte.
Boa selagem	Contorno da embalagem 100% selado.
Acessibilidade	Botões ópticos. Sinalização sonora de início, fim de ciclo e reposição de rolo. Sinalização por LEDs. Braile.
Preço	Valor de produção menor que R\$250,00.
Complexidade	Utilização máxima de 5 sistemas/módulos..

Fonte: Autoria própria (2025).

Os dados demonstrados pela Tabela 2 compõem o escopo escolhido para o produto, além de determinar as devidas metas para cada ponto abordado.

#### 4.1.2 Escopo do projeto

O escopo do projeto é traçado pela Tabela 3.

Tabela 3. Escopo do projeto.

<b>Objetivo</b>	Desenvolver uma embaladora de plástico filme com foco em acessibilidade.
<b>Entregas</b>	Protótipo da máquina de embalar. Modelo 3D completo.
<b>Marcos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Determinação do escopo do produto;</li> <li>● Determinação do escopo do projeto;</li> <li>● Estudo de mercado;</li> <li>● Desenvolvimento de concepções;</li> <li>● Determinar especificações;</li> <li>● Determinar funções;</li> <li>● Escolher sistemas e subsistemas;</li> <li>● Modelagem 3D das peças;</li> <li>● Definir quais peças serão compradas e impressas;</li> <li>● Realizar impressão das peças;</li> <li>● Adquirir peças compradas;</li> <li>● Montagem do protótipo;</li> <li>● Apresentação de resultados.</li> </ul>

(Continua)

Tabela 3 - Continuação

<b>Requisitos Técnicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Utilização de software CAE/CAD <i>Fusion 360</i>, para modelagem 3D dos sistemas e subsistemas;</li> <li>● Utilização de impressora 3D, Ender 3, com filamento PLA;</li> <li>● Controle a partir de uma placa Arduino Uno;</li> <li>● Programação de controle pela IDE do Arduino.</li> </ul>
<b>Limites e Exclusões</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Projeto focado somente na fabricação do protótipo funcional;</li> <li>● Os testes realizados tem foco em produtividade, não fazendo uso de ensaios laboratoriais;</li> <li>● O projeto terá como foco o uso do filme PVC para a realização do embalamento;</li> </ul>

Fonte: Autoria própria (2025).

A Tabela 3 detalha todo o escopo do projeto, elucidando o objetivo do projeto, além da determinação da entrega como o protótipo do produto e modelagem das peças. Os requisitos são determinados pela construção do protótipo e as necessidades para tal. Por fim, os limites e exclusões traçam pontos por onde o projeto percorrerá, sendo eles o foco no protótipo e os testes do produto.

## 4.2 PROJETO INFORMACIONAL

Com o planejamento do projeto concluído, foi realizada a etapa de projeto informacional, na qual foi executada uma pesquisa de mercado para melhor entendimento das embaladoras já consolidadas juntamente com a pesquisa de patentes.

### 4.2.1 Modelos de embaladoras de bancada

A pesquisa sobre tipos de embaladoras de bancada pode ser visualizada na Tabela 4.

Tabela 4. Tipos de embaladoras de bancada..

Modelo	Imagem	Observações	Fonte
PVC Embalafil Baião		Embaladora que não necessita de energia elétrica para funcionamento. Ao invés do usual fio de corte aquecido, faz uso de uma serra de corte no final do processo. Não possui a chapa aquecida, utilizando somente a aderência do próprio filme para embalamento. Pesa 3,8 kg, utiliza pintura eletrostática epóxi e tratamento de superfície anticorrosiva.	Magazine Luiza (2024)
BBA Comex		Esta máquina precisa ser conectada a energia, o rolo de papel PVC não é fixo na máquina, é posicionado acima de dois rolos que giram, possibilitando a saída do filme. O material é todo de aço inoxidável, tem um comprimento máximo de selagem de 45 cm, pesa 5,8 kg. O rolo utilizado pode ter uma largura de até 50cm.	Mercado Livre (2024)
Cortador de envoltório de plástico ajustável Nunafey		Utiliza diferentes tamanhos de rolos, porém de mesmo diâmetro, isso devido a pequenas travas presentes nas pontas. Possui ímãs, podendo ser colocado em geladeiras. Funciona por meio de uma lâmina de alumínio escondida para evitar acidentes. Por fim, pode-se utilizar também rolos de papel alumínio.	Amazon (2024)

Fonte: Autoria própria (2025).

As opções demonstradas pela Tabela 4 trazem consigo 3 tipos diferentes de corte do papel filme, sendo por meio de serra, por fio de níquel e cromo aquecido ou por uma lâmina deslizante. Além disso, também possuem formas diferentes para o posicionamento e tamanho de rolos de plástico, sendo acoplados na máquina ou somente posicionados acima de cilindros móveis que fazem o movimento do PVC durante o empacotamento.

#### 4.2.2 Modelos de embaladoras industriais

Modelos de embaladoras industriais são especificados na Tabela 5.

Tabela 5. Tipos de embaladoras industriais.

Modelo	Imagem	Observações	Fonte
Embaladoras		<p>Este modelo de embaladora cobre o produto por completo, com filme extensível, com o objetivo de proteção contra impurezas, facilitando o transporte.</p> <p>Este padrão pode ser tanto automático como manual, mudando principalmente a quantidade de filmes utilizados.</p>	NAVARRETE ÁLVAREZ (2024)
Paletizadora		<p>Esta máquina é constituída por uma plataforma giratória, mastro e porta bobina. Conta também com um motor que é responsável por subir o plástico filme até determinada altura.</p> <p>Necessita de intervenção do operador somente para posicionamento do palete, pois possui uma fotocélula que permite detectar a altura necessária para embalagem.</p>	SABOGAL MOLINA (2016)
Enfaixadoras		<p>A Enfaixadora é uma máquina automática em linha que embala com filme retrátil em lâmina vários produtos de mesma altura.</p> <p>Essa máquina é utilizada quando não é necessário o fechamento completo do artigo. O processo é dado a partir de duas bobinas que são seladas transversalmente.</p>	ULMA (2024)
Máquinas de cintagem		<p>Máquina que pode utilizar tanto papel como plástico. Realizam a cintagem para a união de objetos.</p> <p>Produtos de diversos tamanhos e formas podem ser embalados pela máquina.</p>	NAVARRETE ÁLVAREZ (2024)
Envolvedora		<p>A envolvedora possui uma base para aproximação do pallet para a área de embalamento.</p> <p>Possui anéis rotativos, montados em uma estrutura, que giram pelo artigo e o embalam de forma rápida e eficiente, buscando reduzir bastante o consumo de filme.</p>	SIGNODE (2024)

(Continua)

Tabela 5 - Continuação

Retractilizadoras		<p>Utilizada em casos de objetos mais sensíveis que precisam de uma melhor embalagem.</p> <p>A retractilizadora faz um empacotamento termo selado, realizando a junção por meio de papel filme ou película.</p>	<p>NAVARRETE ÁLVAREZ (2024)</p>
-------------------	---	---	-------------------------------------

Fonte: Autoria própria (2025).

A Tabela 5 demonstra a pesquisa de mercado para as máquinas industriais, dividindo os modelos pela forma de embalar e resultado final.

#### 4.2.3 Pesquisa de patentes

Para a pesquisa de patentes, as páginas com melhores resultados foram o Google Patentes, Espace Net, Wipo e Lens.org.

A Figura 8 ilustra a realização e armazenamento de dados da pesquisa.

Figura 8. Tabela utilizada para pesquisa de patentes.

Acompanhamento de resultados conforme uso de palavras chaves									
Desenvolvimento de embaladora automática de plástico filme com foco em acessibilidade para o uso domiciliar									
Índice	Palavras chave	Google Patentes		Espace Net (Eng)		Wipo (Eng)		Lens.org (Eng)	
		Nº de resultados	Result. relevantes						
1	Wrapping Machine	100000	5	384425	15	25625	19	145,065	20
2	Food Wrapping Machine	100000	4	49033	11	1105	7	25709	11
3	Automatic Film wrapping machine	100000	7	31616	15	745	17	23610	10
4	Automatic Food Wrapping Machine	100000	3	13928	13	224	16	11870	8
5	Wrapper	100000	1	157677	3	28796	2	106,729	5
6	Automatic food wrapping Device	100000	1	14848	9	244	11	14007	4
7	Domestic automatic packaging machine	100000	4	16549	11	30	9	25867	4
8	Accessible plastic Wrap machine	100000	0	8106	3	2	1	37140	4
9	Automatic food wrap machine For home	100000	0	2630	3	0	0	10854	3
10	Residential food wrapping machine	100000	3	907	0	0	0	1572	3
11	Automatic Wrapper	100000	0	28 429	6	2132	11	49,274	2
12	Domestic Plastic Film Wrapper	100000	0	692	2	3	3	809	2
13	Accessible food packaging machine	100000	3	124447	4	6	1	67427	2
14	Industrial Food Wrapper	100000	1	4401	2	871	1	5362	2
15	Food wrapping device for home use	100000	1	7462	2	0	0	8504	2
16	Automatic Home food wrapper	100000	0	1176	1	0	0	3651	2
17	Home use automatic food wrapper	100000	0	1142	1	0	0	3650	2
18	Automatic food Packaging device	100000	0	79509	10	2561	18	141317	1
19	Food wrapping machine For domestic use	100000	0	2767	2	0	0	2112	1
20	Accessible home food wrapping machine	100000	0	1175	1	0	0	2981	1
21	Máquina Embaladora	418	6	1	0	88	14	0	0
22	Embaladora	523	4	2	0	241	9	1	0
23	Automatic Food Wrapper	100000	0	5410	6	863	6	7654	0
24	Home food Packaging machine	100000	0	27889	4	33	5	62943	0
25	Embaladora Automática	85	1	0	0	191	5	0	0
26	Máquina de embalar automática	512	1	0	0	18	4	1	0
27	Máquina Automática de embalar	512	3	0	0	18	3	1	0
28	Accessible Automatic Wrapper	100000	0	5928	1	7	1	26103	0

Fonte: Autoria própria (2025).

Os resultados armazenados, foram separados por página, número de resultados encontrados e os resultados relevantes. O número de resultados encontrados eram armazenados, pois mostrava a variedade apresentada pela palavra-chave no banco de dados. Já o número de resultados relevantes mostrava a quantidade de patentes interessantes ao projeto. Assim, a pesquisa também coletou a eficiência da busca nos sites e da palavra-chave.

A Tabela 6 traz as combinações com mais resultados por site.

Tabela 6. Combinações de palavras chave selecionadas na busca dos bancos de dados.

Banco de dados	Palavras chave
Google Patentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Automatic Film wrapping machine</li> <li>● Máquina Embaladora</li> <li>● Wrapping Machine</li> <li>● Embaladora de Filme plástico automática</li> <li>● Food Wrapping Machine</li> <li>● Domestic automatic packaging machine</li> <li>● Embaladora</li> <li>● Automatic Food Wrapping Machine</li> <li>● Residential food wrapping machine</li> <li>● Accessible food packaging machine</li> </ul>
Espace Net	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Automatic Film wrapping machine</li> <li>● Wrapping Machine</li> <li>● Automatic Food Wrapping Machine</li> <li>● Food Wrapping Machine</li> <li>● Domestic automatic packaging machine</li> <li>● Automatic food Packaging device</li> <li>● Automatic food wrapping Device</li> <li>● Automatic Wrapper</li> <li>● Automatic Food Wrapper</li> <li>● Food packaging device with accessibility</li> </ul>
Wipo	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Wrapping Machine</li> <li>● Automatic food Packaging device</li> <li>● Automatic Film wrapping machine</li> <li>● Automatic Food Wrapping Machine</li> <li>● Máquina Embaladora</li> <li>● Automatic food wrapping Device</li> <li>● Automatic Wrapper</li> <li>● Domestic automatic packaging machine</li> <li>● Embaladora</li> <li>● Food Wrapping Machine</li> </ul>
Leans.org	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Wrapping Machine</li> <li>● Food Wrapping Machine</li> <li>● Automatic Film wrapping machine</li> <li>● Automatic Food Wrapping Machine</li> <li>● Wrapper</li> <li>● Automatic food wrapping Device</li> <li>● Domestic automatic packaging machine</li> <li>● Accessible plastic Wrap machine</li> <li>● Automatic food wrap machine For home</li> <li>● Residential food wrapping machine</li> </ul>

Fonte: Autoria própria (2025).

Foram pesquisadas 60 variações de palavras chave e então montada a base de dados. Assim como demonstrado pela Tabela 6, para cada site, foram selecionadas as 10 primeiras combinações de palavras com maior número de resultados relevantes para passarem por uma análise mais detalhada.

Na próxima etapa, as patentes relevantes coletadas foram armazenadas em outras planilhas, uma para cada site. A Figura 9 traz uma das tabelas desenvolvidas para a análise e registro das patentes selecionadas previamente.

Figura 9. Exemplo de tabela para registro de patentes relevantes.

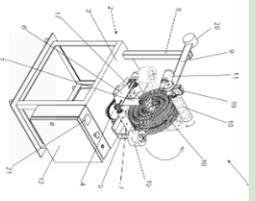
Acompanhamento de resultados conforme uso de palavras chaves								
Desenvolvimento de embaladora de plástico filme com foco em acessibilidade para o uso domiciliar								
Google Patentes								
Palavra Chave	Número da Patente	Título	Inventores	Data	Resumo	País	Link	Relevância
Máquina Embaladora	PT2147864E	Máquina embaladora	Sergio Llopis Sones	2008	<i>Tal como o nome indica, a invenção é constituída por uma máquina embaladora do tipo definido por um corpo principal em forma de L invertido e um braço giratório interior, também em forma de L invertido e mais pequeno, sendo que os dois corpos são unidos na extremidade das suas extensões horizontais por um veio ligado a um motor. O braço giratório incorpora na sua extremidade vertical um guia suporte de rolos que transporta o rolo de material de embalar, regra geral de plástico, de tecido ou malha, e produz a tensão necessária para embalar.</i>	Portugal	<a href="#">link</a>	Relevante
Embaladora de Filme plástico automática	BR202020013991U2	Seladora e embaladora horizontal contínua	Claudir Volnei Ebert	2020	seladora e embaladora horizontal contínua, visa proteger uma nova forma e aperfeiçoamento em seladora e embaladora horizontal contínua, que apresenta uma máquina para selar e embalar pacotes de produtos de médio e grande porte de forma contínua e com movimento horizontal, com campo de aplicação o setor de embalagem de fracionados e cortes, composta por uma estrutura metálica (1), sistema de movimentação do cabeçote e conjunto de selagem, portas e visores (7) em polímero transparente e painel de automação e controle (2), sendo caracterizada por conter um sistema de movimentação do carro retrátil (3) e este ser acionado meio de esteiras e que este sistema mantém sua movimentação durante o processo de selagem, possuindo a dita seladora, esteira de transporte (4) assistida por sensores, um	Brasil	<a href="#">link</a>	Relevante

Fonte: Autoria própria (2025).

Após o arquivamento de todas as patentes de cada banco de dados, as patentes foram classificadas pelo seu nível de relevância, com base em seu resumo apresentado.

A Figura 10 demonstra o armazenamento das patentes muito relevantes.

Figura 10. Tabela para registro e classificação de patentes muito relevantes.

Acompanhamento de resultados conforme uso de palavras chaves											
Desenvolvimento de embaladora de plástico filme com foco em acessibilidade para o uso domiciliar											
Patentes Muito Relevantes											
Site	Palavra Chave	Numero de Patente	Titulo	Inventores	Data	Resumo	País	Link	Observações	Tipo de máquina	Imagem
Google Patentes	Embaladora	BR2020/1600554V1	Dispositivo introduzida para embalar objetos em geral	Edna Maria De Oliveira Silva	2016	disposição introduzida em máquina para embalar objetos em geral o presente pedido de patente idealiza uma máquina eficiente, de tamanho reduzido e de baixo custo, para embalar produtos com volume cilíndrico, que pertence ao campo dos equipamentos industriais para embalar produtos, o estado da técnica antecipa um equipamento que introduz o produto a ser embalado em uma haste que estampa a bobina com o filme polimérico sendo que por meio do movimento rotacional do objeto o filme é aplicado sobre o mesmo; o inconveniente desses equipamentos está no fato de que apresentam um porte significativo e não são capacitados para embalar objetos de pouco e peso e/ou de tamanho reduzido e ainda não aplicam o filme em todas as faces do objeto, em uma configuração e funcionalidade inovadora o objeto do presente pedido de patente compreende uma máquina de embalar haste orbital (5) em "T", um suporte (6) de rolos (7), uma coluna de sustentação (8) de uma haste oscilante (9) com rolo motor (10) frontal horizontal, acionado por motor redutor (11) e ainda, com um gabinete (12) de comando, o rotor (4) cilíndrico metálico é equipado com uma haste orbital (5) radial que sobre si, ostenta um eixo vertical (14), para acoplar na vertical, a bobina do filme (15) polimérico.	Brasil	<a href="#">link</a>	Uma embaladora simples, que faz uso de rolos para embalar o objeto, que possui rolos de condução. Para o embalamento, um braço encontra na tangente do objeto e o rotaciona para o rolo de papel filme rotacionar ao redor do objeto e envolvendo por completo.	Embaladora	
Vipco	Máquina Embaladora	BRMU8301914	Máquina embaladora de rolos múltiplos	PINTO GUILHERME IBANEZ	2003	"MÁQUINA EMBALADORA DE ROLOS MÚLTIPLOS - Patente de utilidade para uma máquina embaladora que é compreendida por rolos emborrachados múltiplos (3) que utiliza filãs de papel e/ou plástico de alta ou baixa densidade, mono ou bi-orientado, fealdos, mistos compostos de papel e plástico, com ou sem tratamento químico, que são rebobinados de modo a serem colocados em um dispensador compensador (7) que é fixado na lançadeira construída em aço ou outros materiais que tem a função de envolver a bandagem sobre os rolos múltiplos (5), embalamo-os. Sustentada por bases (2) que são construídas em chapa de aço e sustentam o material a ser embalado (5) e as demais partes da máquina. Possui rolos emborrachados (3) para a sustentação de rolos metálicos que serão embalados acionados por motores (8) responsáveis pela translação da lançadeira e pela regulação na elevação dos rolos emborrachados (3) que se ajustam a uma velocidade sincronizada entre a lançadeira (4) e os rolos emborrachados (3) para uma cobertura perfeita de um rolo simples ou dos rolos múltiplos.	Brasil	<a href="#">link</a>	Sem informação		

Fonte: Autoria própria (2025).

A tabela ilustrada pela Figura 10, possui colunas divididas em site, palavra chave, número da patente, título, inventores, data de publicação, resumo, país, link, observações, tipo de máquina e imagem.

Para esta etapa, foram selecionadas 42 patentes, as quais foram lidas por completo e selecionadas novamente. Ao armazenar os documentos, a coluna de observação foi utilizada para relatar comentários e buscar uma simplificação do que se tinha na patente.

Conforme realizada a pesquisa, foi notado que as patentes tinham principal foco em pontos industriais, por isso o destaque de embaladoras industriais nesta etapa. Além disso, a coluna de tipo de máquina classifica as patentes conforme os modelos apresentados na Tabela 5.

Por fim, restaram 7 patentes que foram selecionadas para uso na próxima etapa do projeto, o projeto conceitual.

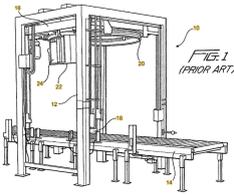
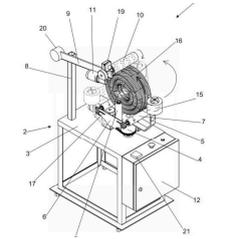
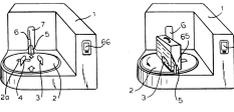
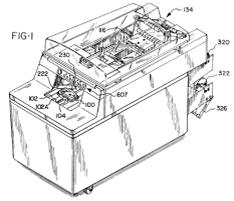
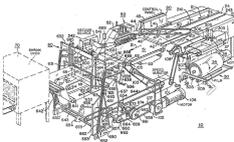
### 4.3 PROJETO CONCEITUAL

No presente trabalho o projeto conceitual foi dividido entre as etapas de análise de patentes selecionadas, determinação da estrutura de funções da máquina, desenvolvimento do princípio de solução para cada função, determinação de soluções por meio de matriz morfológica, módulos das concepções, escolha da arquitetura do produto e dimensionamento da máquina.

#### **4.3.1 Análise das patentes selecionadas**

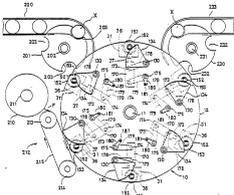
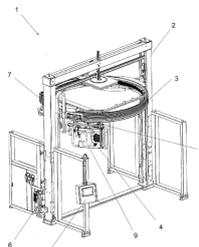
Conforme explicado anteriormente, uma minuciosa pesquisa de patentes foi realizada com objetivo de buscar inspirações e semelhanças de projeto, a Tabela 7 traz as patentes selecionadas.

Tabela 7. Patentes selecionadas.

Nome	Tipo de máquina	Observações	Imagem	Fonte
Máquina de embrulhar com filme que utiliza dois conjuntos de suporte de filme para realizar de forma eficaz as operações de troca de filme.	Paletizadora	Uma paletizadora avançada, equipada com uma estrutura retangular e um anel móvel que suporta dois rolos responsáveis pelo empacotamento e pela dispensação do objeto embalado.		Zitella e Turfan (2007)
Disposição introduzida em máquina para embalar objetos em geral	Embaladora	Uma embaladora compacta que utiliza rolos para mover conduítes, enquanto um braço os gira para envolver com papel filme.		Silva (2016)
Máquina automática de embalagem com filme plástico, particularmente adequada para malas.	Envolvedora	Uma máquina para embalar malas, projetada para objetos menores que os das máquinas industriais. Possui travas móveis para ajuste, uma mesa giratória e uma pinça que carrega o papel filme.		Franca (1990)
Sistema de controle de embalagem para máquina de embalagem com filme	Embaladora	Sistema para embalar bandejas, com a opção de escolher entre dois tamanhos de filmes para embalagem. A máquina utiliza o estiramento ou tensão do filme para o empacotamento, e a alteração da largura do filme é realizada por meio de pinças.		Treiber e Bowers (1983)
Máquina de embalar de alta velocidade	Embaladora	Máquina embaladora que utiliza papel filme termoselável e realiza movimentos intermitentes. Baseada no princípio das seladoras em L, ela sela e corta a embalagem.		Shanklin e King (1981)

(Continua)

Tabela 7 - Continuação

Máquina de embalar por filme	Envolvedora	Embaladora de papel filme para recipientes cilíndricos, com plataforma rotacional que transporta os objetos por estações de fornecimento de artigos, filme e distribuição. Possui suportes e elementos de retenção que ajustam o filme ao redor dos artigos.		Masaaki e Yamamoto (1986)
Método para envolver filme plástico em uma carga e máquina de embalagem	Envolvedora	Paletizadora e envolvedora que utiliza um anel estacionário com uma guia circular que gira, realizando o embalamento do artigo		Hurme e Koskela (2016),

Fonte: Autoria própria (2025).

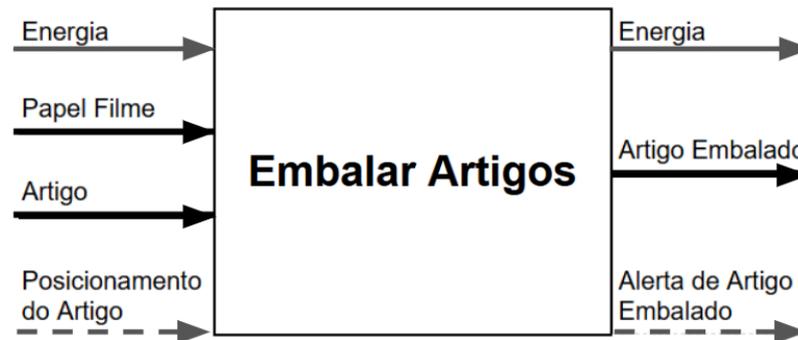
Cada uma destas máquinas possui soluções, apresentadas pelo campo de observações, que podem ser utilizadas como fonte para uma possível função da embaladora em desenvolvimento.

Como resultado da pesquisa, foi possível assimilar as formas diferentes de embalar objetos, sendo por rotação do próprio objeto mantendo o rolo de papel filme fixo, outras pelo o giro do papel filme sobre o artigo e por fim, máquinas que movimentam o papel filme e o objeto para a realização da tarefa.

#### **4.3.2 Determinação da estrutura de funções**

Como norte para concepção da máquina, foi desenvolvida a função total do projeto (Figura 11).

Figura 11. Função total da máquina de embalar.



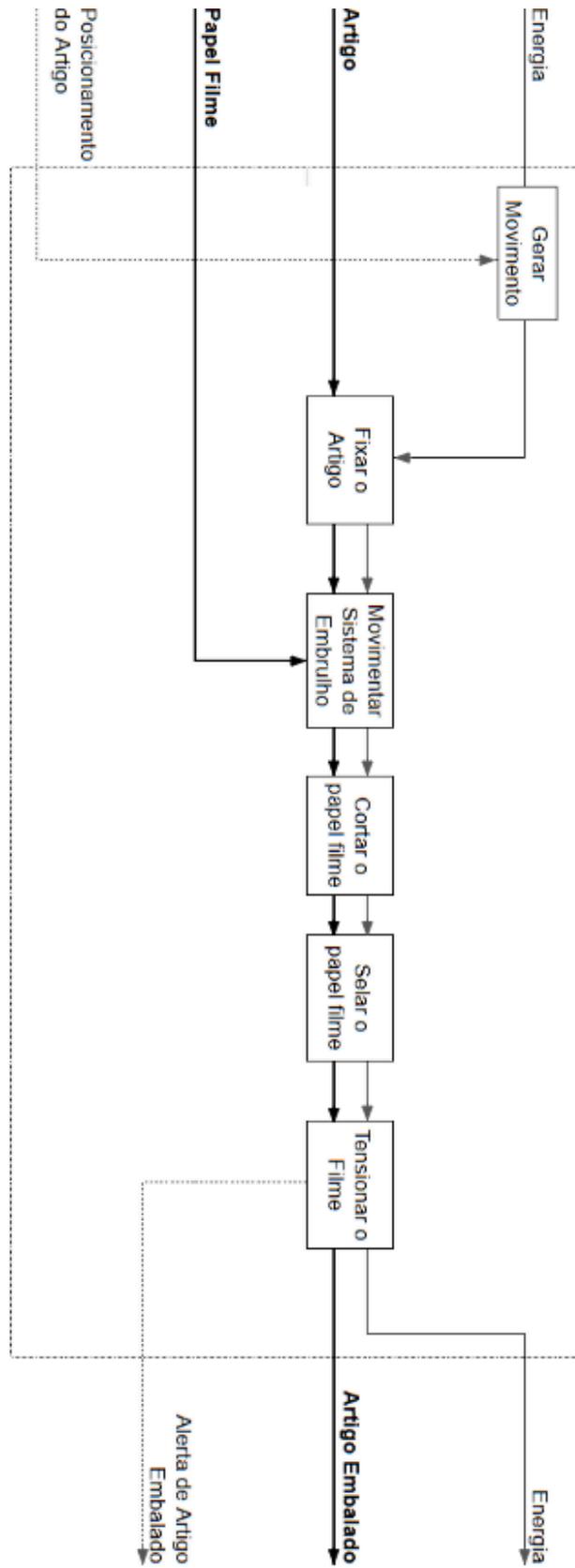
Fonte: Autoria própria (2025).

Assim, temos que a função total para o projeto é embalar artigos, tendo como entrada, energia, papel filme, o artigo e o posicionamento do artigo. Como saída, tem-se energia, artigo embalado e alerta de artigo embalado.

Então, em resumo, a energia, que nesse caso é elétrica, juntamente com as matérias primas que são o papel filme e o artigo, por meio do sinal de posicionamento do artigo, passam pela caixa preta de embalar artigos diversos e saem como, energia, que provém de perdas com sons e calor, o artigo embalado e um alerta do artigo embalado.

Com base na função total determinada, foi realizada a estrutura de funções, que determina todas as funções da máquina que resultam na função total (Figura 12).

Figura 12. Estrutura de função da máquina de embalar.



Fonte: Autoria própria (2025).

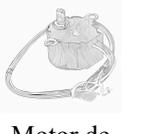
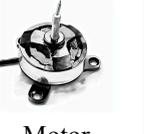
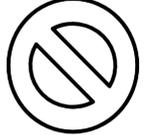
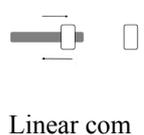
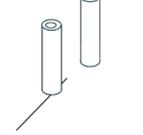
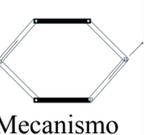
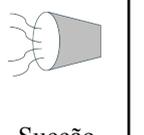
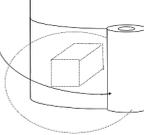
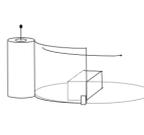
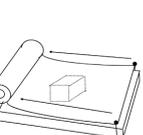
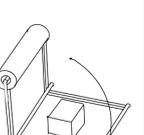
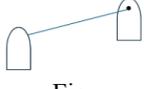
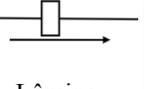
O diagrama mostra todas as funções da máquina, juntamente com suas respectivas entradas e saídas.

Com as funções devidamente definidas, foi possível seguir para a próxima etapa de princípios de solução.

### 4.3.3 Princípios de solução para as funções

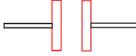
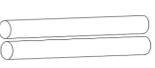
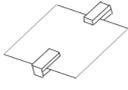
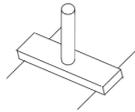
As soluções desenvolvidas foram resumidas e expostas pela Tabela 8.

Tabela 8. Princípios de solução.

Função	Opção 1	Opção 2	Opção 3	Opção 4	Opção 5	Opção 6
<b>Gerar movimento</b>	 Motor DC	 Servo motor	 Motor de passo	 Motor brushless		
<b>Fixar artigo</b>	 Não fixação	 Linear com barras	 Por rolos	 Mecanismo hexagonal	 Material antiderrapante	 Sucção
<b>Movimentar o sistema de embrulho</b>	 Rolo se movimenta pelo artigo	 Base e artigo rotacionam	 Sistema linear de embrulho	 Sistema de matriz móvel		
<b>Cortar papel filme</b>	 Serra	 Fio níquel-cromo	 Guilhotina	 Lâmina móvel		

(Continua)

Tabela 8 - Continuação

<b>Selar o papel filme</b>	 <p>Fio níquel-cromo</p>	 <p>Aderência do papel filme</p>	 <p>Pressão</p>	 <p>Vulcanização</p>		
<b>Tensionar o filme</b>	 <p>Rolos</p>	 <p>Presilha</p>	 <p>Pressão</p>			

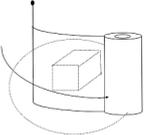
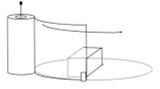
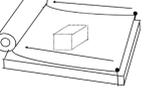
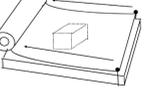
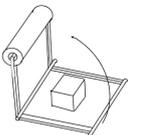
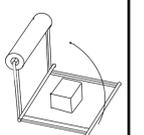
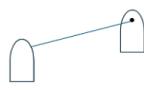
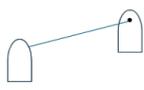
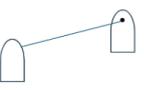
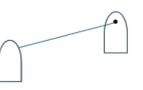
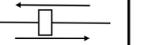
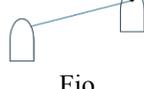
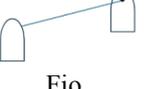
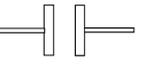
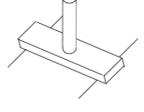
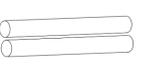
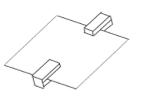
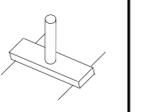
Fonte: Autoria própria (2025).

A Tabela 8 traz soluções elaboradas para cada uma das funções da máquina.

#### 4.3.4 Matriz morfológica

Com base nas soluções definidas anteriormente, foi montada a matriz morfológica, que traz consigo opções de máquinas que combinam os princípios para chegar na resolução da função total do projeto (Tabela 9).

Tabela 9. Matriz morfológica.

Função	Máquina 1	Máquina 2	Máquina 3	Máquina 4	Máquina 5	Máquina 6
<b>Gerar movimento</b>	 Motor DC	 Motor de passo	 Motor DC	 Motor de passo	 Servo motor	 Motor de passo
<b>Fixar artigo</b>	 Mecanismo hexagonal	 Material antiderrapante	 Não fixação	 Sucção	 Não fixação	 Sucção
<b>Movimentar o sistema de embrulho</b>	 Rolo se movimenta pelo artigo	 Base e artigo rotacionam	 Sistema linear de embrulho	 Sistema linear de embrulho	 Sistema de matriz móvel	 Sistema de matriz móvel
<b>Cortar o papel filme</b>	 Fio níquel-cromo	 Fio níquel-cromo	 Fio níquel-cromo	 Serra	 Fio níquel-cromo	 Lâmina móvel
<b>Selar o papel filme</b>	 Fio níquel-cromo	 Fio níquel-cromo	 Fio níquel-cromo	 Pressão	 Fio níquel-cromo	 Pressão
<b>Tensionar o filme</b>	 Rolos	 Pressão	 Rolos	 Presilha	 Rolos	 Pressão

Fonte: Autoria própria (2025).

Por meio da matriz morfológica é possível iniciar a concepção das máquinas através das soluções encontradas.

#### 4.3.5 Módulos das concepções

Nesta etapa são desenvolvidos os módulos para cada uma das máquinas da

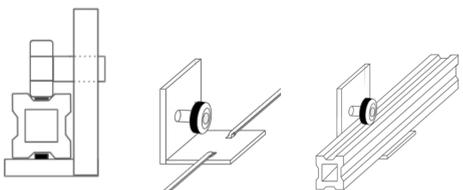
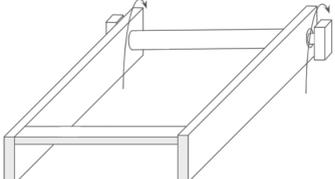
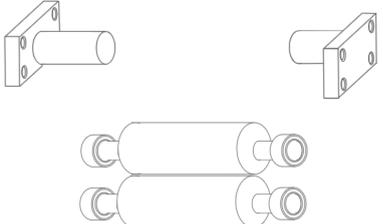
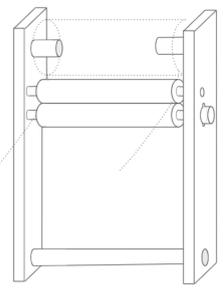
matriz morfológica.

Os princípios de máquinas pensadas durante a matriz morfológica trouxeram opções de como resolver a função total. Porém, para um melhor aprofundamento no desenvolvimento dos módulos, os preços médios e complexidade de desenvolvimento das máquinas foram avaliadas para prosseguir com a metodologia.

Após a análise, foi deduzido que as máquinas 1,2,4 e 6 possuem preços mais elevados e maior número de módulos do que os estabelecidos pelos requisitos do produto, desta forma foram selecionados para esta etapa as máquinas 3 e 5.

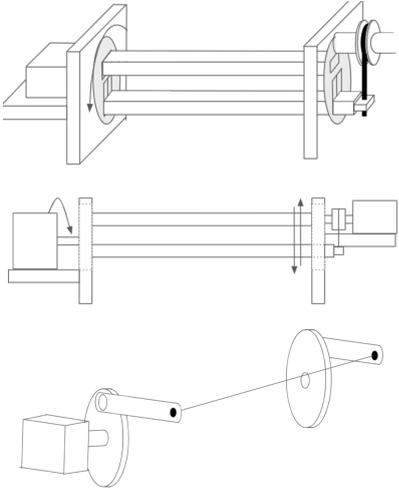
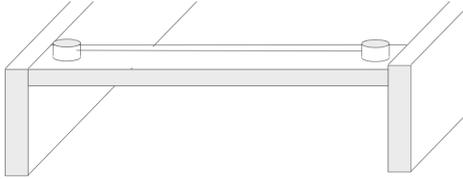
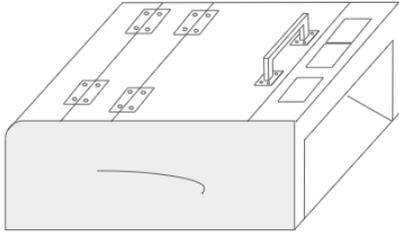
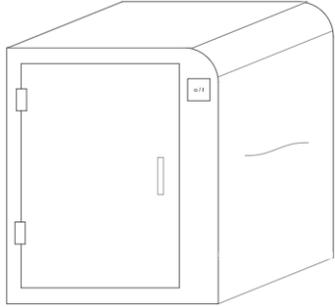
Para os módulos, foram unidas algumas funções que poderiam ser realizadas simultaneamente, resultando em: Gerar movimento e sistema de embrulho, armazenar e tensionar o filme, puxar, cortar e selar o papel e por fim, embalagem. A Tabela 10 explicita os módulos de forma detalhada.

Tabela 10. Módulos das concepções.

Módulos	Máquina 1	Máquina 2
<p><b>Gerar movimento e sistema de embrulho</b></p>	 <p>Movimento gerado por motor e transmitido por correia a um sistema móvel com roda v.</p>	 <p>Estrutura que se movimenta por meio de servo motor e leva o papel filme.</p>
<p><b>Armazenar e tensionar o filme</b></p>	 <p>Cilindros com chapas fixas por parafusos na carcaça para apoiar o rolo de papel filme juntamente a rolos de borracha fixados em mancais de rolamento realizam a tensão do papel filme.</p>	 <p>O sistema de armazenamento consta com um apoio ligado a uma estrutura vertical juntamente ao sistema de tensionamento que consta com 2 rolos de borracha acionados por motor de passo.</p>

(Continua)

Tabela 11 - Continuação

<p><b>Puxar, cortar e selar o papel filme</b></p>	 <p>Presilha rotativa que realiza o movimento do papel filme para embrulho juntamente ao cortador e selador móvel por meio de mecanismo de barras, que atua no final do movimento</p>	 <p>Fio de níquel cromo posicionado para cortar o papel e selar é movimentado pelo servo enquanto os rolos puxam o filme.</p>
<p><b>Embalagem</b></p>	 <p>Embalagem simples com local para apoio das mãos e fácil troca do papel filme.</p>	 <p>Embalagem simples que permite a visualização do rolo e facilita a troca.</p>

Fonte: Autoria própria (2025).

Os módulos foram projetados para operar de forma autônoma, garantindo que, em caso de manutenções ou falhas, não seja necessário substituir toda a máquina e que as funções não afetadas permaneçam intactas.

#### 4.3.6 Definição da arquitetura

Para a seleção da arquitetura que será desenvolvida durante o projeto detalhado, foi utilizada a matriz de decisão, sendo os critérios aqueles determinados

no escopo do produto (Tabela 11).

Tabela 11. Matriz de decisão.

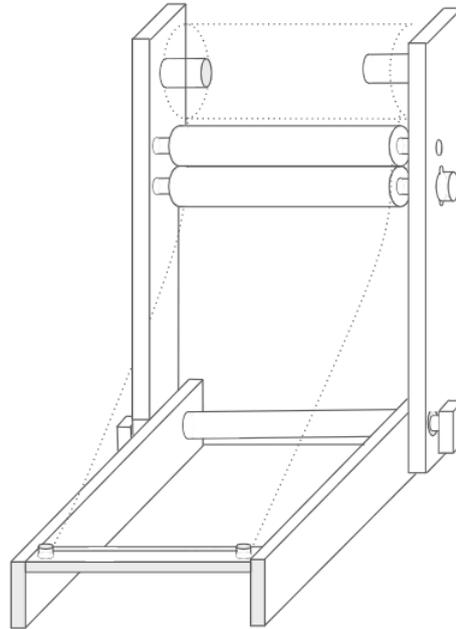
<b>Crítérios</b>	<b>Máquina 1 (referência)</b>	<b>Máquina 2</b>
Compacto e Independente	0	S
Embalar artigos de vários tamanhos	0	+
Consumo eficiente de papel filme	0	S
Utilização Simples	0	S
Boa durabilidade	0	+
Embalamento Rápido	0	S
Fácil reposição do rolo	0	+
Infraestrutura	0	+
Sem contato manual	0	S
Portabilidade	0	-
Segurança	0	S
Boa selagem	0	+
<b>Total +</b>	0	5
<b>Total -</b>	0	1
<b>Total global</b>	0	4

Fonte: Autoria própria (2025).

Desta forma, como a máquina 2 possui uma quantidade de “+” maior que de “-” quando comparada a máquina 1, temos que a arquitetura que mais se adequa ao projeto é a segunda.

O modelo selecionado pode ser visualizado pela Figura 13.

Figura 13. Croqui da máquina selecionada.



Fonte: Autoria própria (2025).

Na Figura 13, conseguimos visualizar todos os módulos já integrados e montados na estrutura.

#### 4.3.7 Dimensionamento

Nesta etapa, as peças foram nomeadas e dimensionadas para a montagem, além da definição dos materiais. O dimensionamento pode ser visualizado na Tabela 12.

Tabela 12. Dimensionamento.

Sistema	Item	Material	Comprimento	Largura	Espessura
Movimento de embrulho	Barra estrutural direita	Aço inoxidável	35 cm	5 cm	2 mm
Movimento de embrulho	Barra estrutural esquerda	Aço inoxidável	35 cm	5 cm	2 mm
Movimento de embrulho	Barra transversal	Aço inoxidável	35 cm	3 cm	2 mm
Movimento de embrulho	Fio de corte	Níquel e cromo	32 cm	-	-
Movimento de embrulho	Tubo de rotação	Aço inoxidável	36,3 cm	D: 21 mm	2,25 mm

(Continua)

Tabela 8 - Continuação

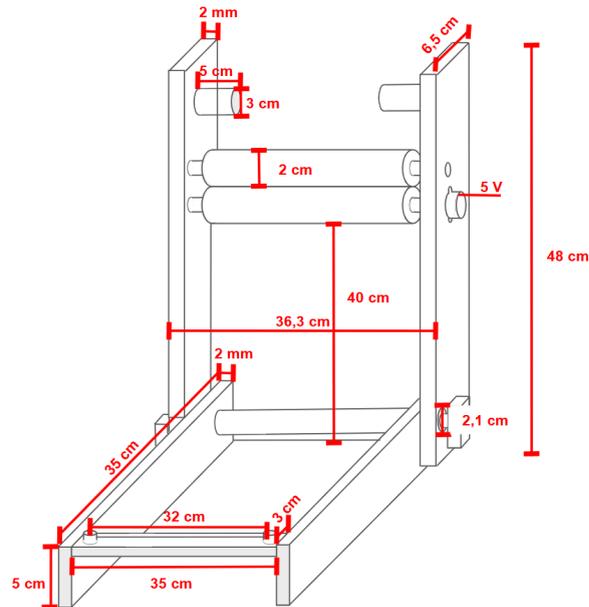
Movimento de embrulho	Barra de vedação lateral	Aço inoxidável	21 cm	40 mm	1 mm
Armazenar e tensionar	Barra estrutural direita	Aço inoxidável	48 cm	6,5 cm	2 mm
Armazenar e tensionar	Barra estrutural esquerda	Aço inoxidável	48 cm	6,5 cm	2 mm
Armazenar e tensionar	Rolos	Policarbonato e borracha	D:2 cm	36,1 cm	-
Armazenar e tensionar	Apoio papel filme	Policarbonato	D: 3 cm	5cm	-
Armazenar e tensionar	Chapa de corte	Aço inoxidável	10 cm	36,3 cm	1 mm
Armazenar e tensionar	Barra de vedação lateral	Aço inoxidável	27 cm	40 mm	1 mm

Fonte: Autoria própria (2025).

A Tabela 12, traz todas as peças e suas respectivas dimensões. Os dois sistemas demonstrados abrangem todos os módulos antes definidos.

Considerando que o peso total a ser movido pelos servos é de 1,07 quilogramas e que temos um braço de alavanca de 19 cm, foram utilizados dois servos de 1,2 N.m de torque MG996R para conseguir realizar um movimento completo considerando o peso e os atritos. O motor de passo foi determinado como o mais simples o de 5 volts 28BYJ-48, devido a baixa necessidade de torque. Uma melhor visualização do dimensionamento é apresentada na Figura 14.

Figura 14. Croqui com dimensões.



Fonte: Autoria própria (2025).

A Figura 14, demonstra de forma simplificada todas as dimensões selecionadas para a máquina de embalar.

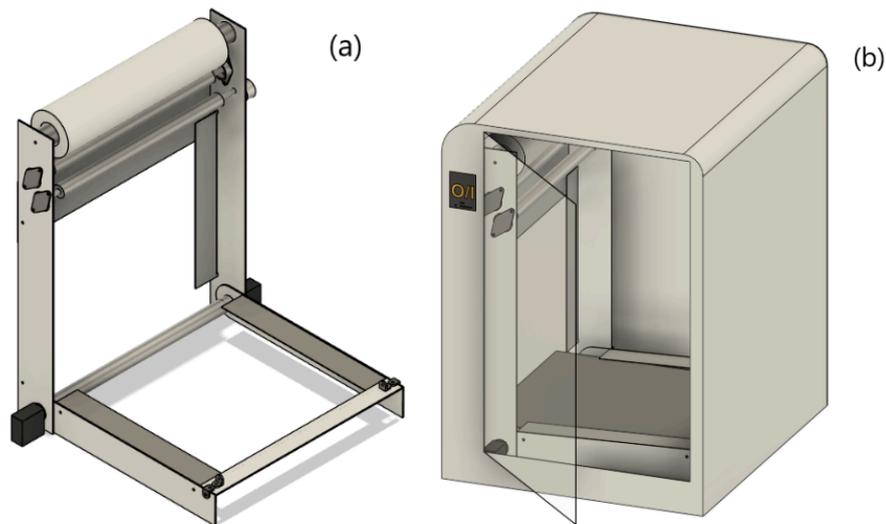
#### 4.4 PROJETO DETALHADO

O projeto detalhado, consiste nas seguintes etapas: Modelagem, automação, fabricação e montagem do protótipo. Esta macrofase é a última deste projeto e tem como objetivo chegar no produto final, juntamente com o desenvolvimento do protótipo funcional.

##### 4.4.1 Modelagem

As peças foram modeladas conforme o dimensionamento apresentado anteriormente pela Tabela 13. A Figura 15 apresenta a montagem final do modelo 3D.

Figura 15. a) Modelagem da embaladora automática. b) Modelagem da embaladora com embalagem



Fonte: Autoria própria (2025).

Por meio da Figura 15, percebe-se que o modelo 3D possui algumas alterações quando comparado com o croqui da Figura 16. Primeiro, temos a chapa de corte presente somente na parte superior da máquina, decisão tomada apenas para a redução de material, resultando em economia na produção da máquina. Em consequente, temos a presença de cantoneiras em ambos os sistemas, estas são uma melhoria para a máquina, pois ajudam a selar lateralmente o papel filme durante o embrulho. Por fim, a utilização de rolamentos para facilitar o movimento dos rolos, além do arredondamento na parte traseira do sistema de embrulho para facilitar o movimento.

#### **4.4.2 Automação**

Para a automação, foi utilizado o modelo de máquina de estados. Inicialmente foram definidas as entradas e saídas da máquina, estes dados estão explicitados na Tabela 13.

Tabela 13. Entradas e saídas da máquina de embalar.

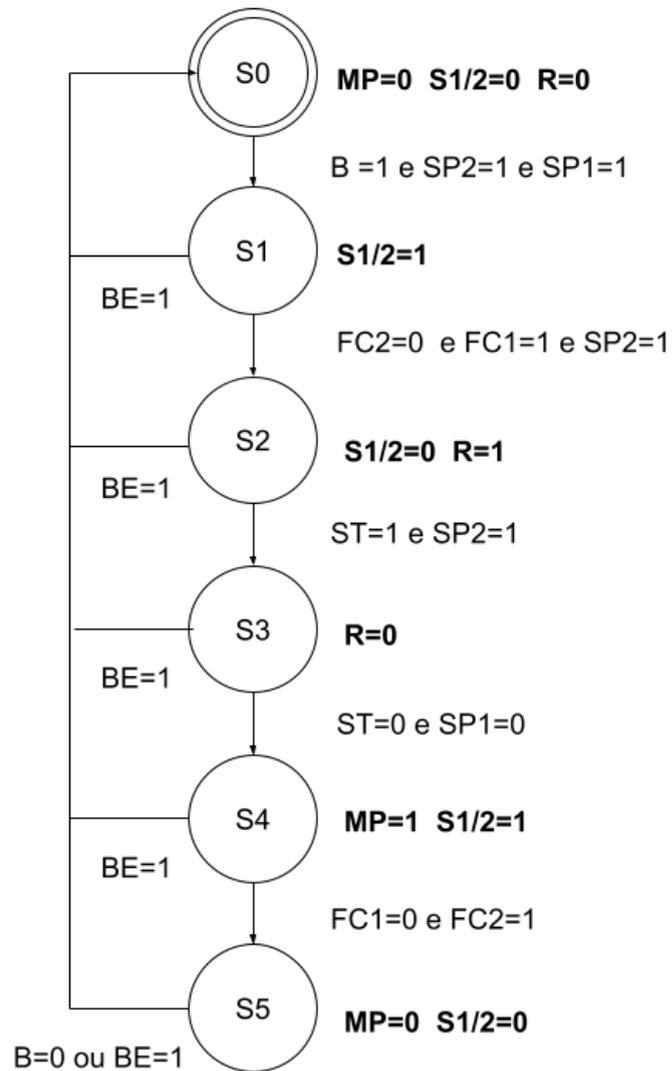
Entradas		Saídas	
Representação	Nome do componente	Representação	Nome do componente
B	Botão liga/desliga	MP	Motor de passo
BE	Botão de emergência	S1/2	Servos 1 e 2
ST	Sensor de temperatura	R	Relé de controle do fio de níquel cromo
SP1	Sensor de presença do objeto		
SP2	Sensor de presença da porta da embalagem		
FC1	Fim de curso localizado no sistema de armazenamento		
FC2	Fim de curso localizado na base		

Fonte: Autoria própria (2025).

A Tabela 13 traz todas as entradas e saídas e as representações utilizadas para a máquina de estados. Foram implementados como entrada, dois botões, sendo um de início e outro de emergência, um sensor de temperatura, dois sensores de presença, um para o objeto e outro para a porta da embaladora, e dois fim de curso, um para a posição inicial do movimento e outro para a posição final.

A máquina de estados é representada pela Figura 16.

Figura 16. Máquina de estados.



Fonte: Autoria própria (2025).

O estado inicial consiste em todas as saídas desligadas e somente o fim de curso da base ativado, dentre as entradas. Com a ativação do botão ligar/desligar, juntamente a presença da porta fechada e do objeto em seu devido local, a embaladora começa o movimento com a ativação dos servos, este movimento é categorizado como primeiro estado.

O segundo estado ocorre quando o fim de curso 2 é ativado, indicando que o sistema de embrulho chegou na área de corte, resultando no desligamento dos servos e ativação do relé que controla o fio de corte. Quando o sensor de temperatura indica a temperatura ideal de corte, o fio é desligado e o embalamento está completo, sendo este o terceiro estado.

O quarto estado, após a verificação que o objeto não está mais presente pelo sensor de presença 1, os servos são ativados juntamente com o motor de passo para retornarem à posição inicial. O quinto estado ocorre quando o fim de curso da base é ativado, que resulta na parada dos servos e do motor. Por fim, a máquina volta ao início quando o botão ligar/desligar é desativado.

O botão de emergência, quando pressionado, para a máquina onde quer que ele esteja nos estados, retornando ao início. A Tabela 14 apresenta todos os estados.

Tabela 14. Resultado máquina de estados.

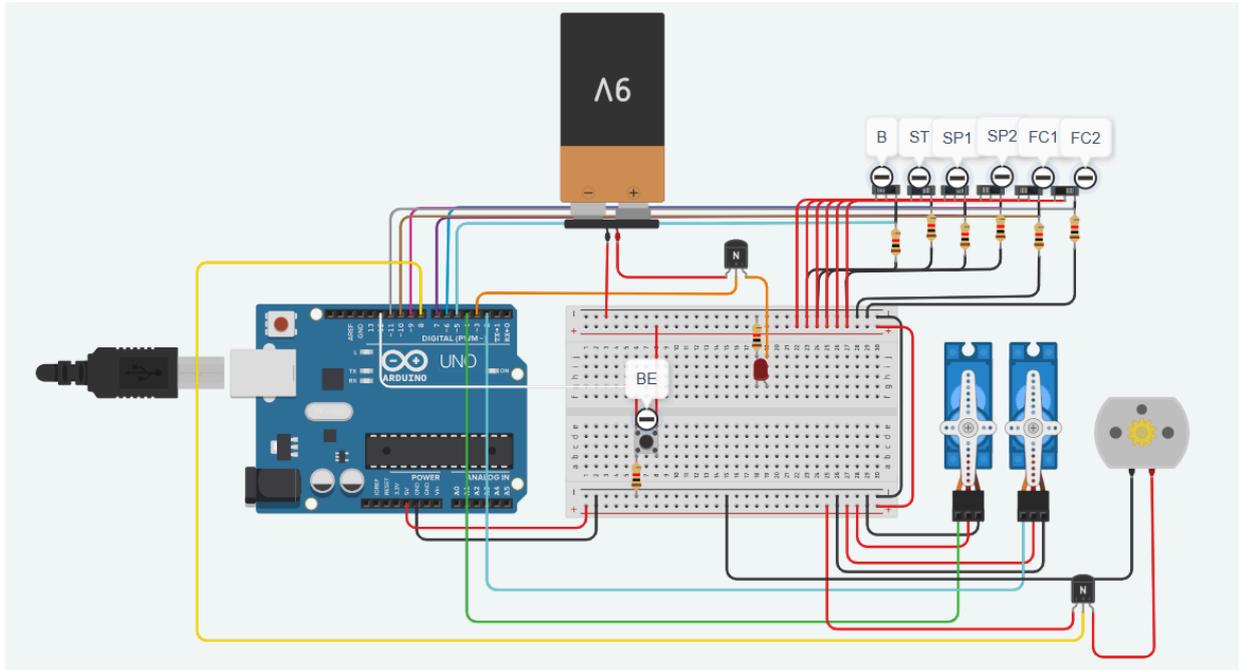
Estados	Entradas						Saídas		
	B	ST	SP1	SP2	FC1	FC2	MP	S1/2	R
S0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
S1	1	0	1	1	0	1	0	1	0
S2	1	0	1	1	1	0	0	0	1
S3	1	1	1	1	1	0	0	0	0
S4	1	0	0	1	1	0	1	1	0
S5	1	0	0	1	0	1	0	0	0

Fonte: Autoria própria (2025).

Cada estado é definido de forma binária pela Tabela 14, suas respectivas entradas e saídas.

Com o desenvolvimento da máquina de estados concluído, foi realizada uma simulação de circuito no *software Tinkercad*, com objetivo de realização de testes e verificação da funcionalidade da automação da máquina. A simulação é apresentada pela Figura 17. O código da simulação pode ser encontrado no Anexo A.

Figura 17. Simulação de funcionamento da automação da máquina.



Fonte: Autoria própria (2025).

A Figura 17 demonstra o circuito montado para a simulação, onde algumas modificações necessitam ser realizadas devido a limitações presentes no software utilizado. Primeiramente foi trocada a fonte de alimentação, que no projeto é feita por alimentação externa passando por uma fonte de 5 volts, aqui é realizada por uma pilha de 5 volts. Além disso, foi adicionado um transistor controlado pelo arduino, este que faz a função que seria do relé. Outro ponto é o motor de passo que foi substituído por um motor DC simples. Por fim, as chaves fazem o trabalho dos sensores e botões para facilitar os testes, com exceção do botão de emergência.

Enfim, o código que será utilizado na IDE do Arduino uno, utilizado na máquina de embalar, pode ser visualizado na Figura 18 e está presente por completo no Anexo B.

Figura 18. Início do código na plataforma Arduino.

```

1  #include <Servo.h>
2  #include <Stepper.h>
3
4  // Servo
5  Servo Servo1;
6
7
8  // Entradas
9  const int B = 5;
10 const int FC2 = 7;
11 const int FC1 = 13;
12 const int ST = 6;
13 const int SP1 = 2;
14 const int SP2 = 12;
15 const int BE = 14;
16
17 // Saídas
18 const int S1 = 4;
19 const int F = 3;
20 const int passosPorRevolução = 2048;
21 Stepper motor(passosPorRevolução, 8, 10, 9, 11);
22
23 // Memórias
24 int Memoriabotao = HIGH;
25 bool Memoriasaida = 0;
26
27 int MemoriaSP1 = HIGH;
28 bool SP1saida = 0;
29
30 int MemoriaSP2 = HIGH;
31 bool SP2saida = 0;
32
33
34 int esquentando;
35 int esquentou;
36 int fim;
37
38 void setup() {
39
40
41 // Entradas
42 pinMode(B, INPUT);
43 pinMode(FC2, INPUT);
44 pinMode(FC1, INPUT);

```

Fonte: Autoria própria (2025).

A Figura 18 ilustra parte do código de funcionamento da máquina de embalar, que diferentemente da simulação, trabalha com os componentes reais, necessitando de funções específicas para controle das saídas do servo motor e do motor de passo.

Para a movimentação do servo motor, foi necessário utilizar a função *Servo1.writeMicroseconds* devido ao servo usado ser de rotação contínua, modificando um pouco da lógica da simulação, sendo necessário ligar e desligar o servo nos estados 1 e 2.

Para o motor de passo é necessário conectá-lo ao arduino por meio da função *Stepper motor* a qual faz controle do motor pelo módulo de controle ULN2003, assim a rotação do motor de passo é controlado por meio da função *motor.step*.

### 4.4.3 Fabricação

Os componentes para a fabricação da máquina de embalar são demonstrados pela Tabela 15.

Tabela 15. Componentes para fabricação.

Item	Quantidade	Material	Dimensões	Peças fabricadas	Sistema
Chapa	3	Aço inoxidável 304	50cmx10cmx3mm	Barra Estrutural Direita	Movimento de embrulho
				Barra Estrutural Esquerda	Movimento de embrulho
				Barra transversal	Movimento de embrulho
				Barra Estrutural Direita	Armazenar e tensionar
				Barra Estrutural Esquerda	Armazenar e tensionar
Fio de corte	1	Níquel e cromo	1m	Fio de corte	Movimento de embrulho
Tubo	1	Aço inoxidável 304	D: 21 mm x 36,3 cm x 2,25 mm	Tubo de rotação	Movimento de embrulho
Cantoneira	2	Aço inoxidável	38,1 x 38,1 x 3,17 mm 1,5 m de comprimento	Barra de vedação lateral	Movimento de embrulho
				Barra de vedação lateral	Armazenar e tensionar
Rolos	2	PTFA e silicone alimentício	D: 2 cm x 36,1 cm	Rolos	Armazenar e tensionar
Apoios	2	Polycarbonato	D: 3 cm x 5 cm	Apoios papel filme	Armazenar e tensionar
Chapa	1	Aço inoxidável 304	50 cm x 40 cm x 1mm	Chapa de corte	Armazenar e tensionar

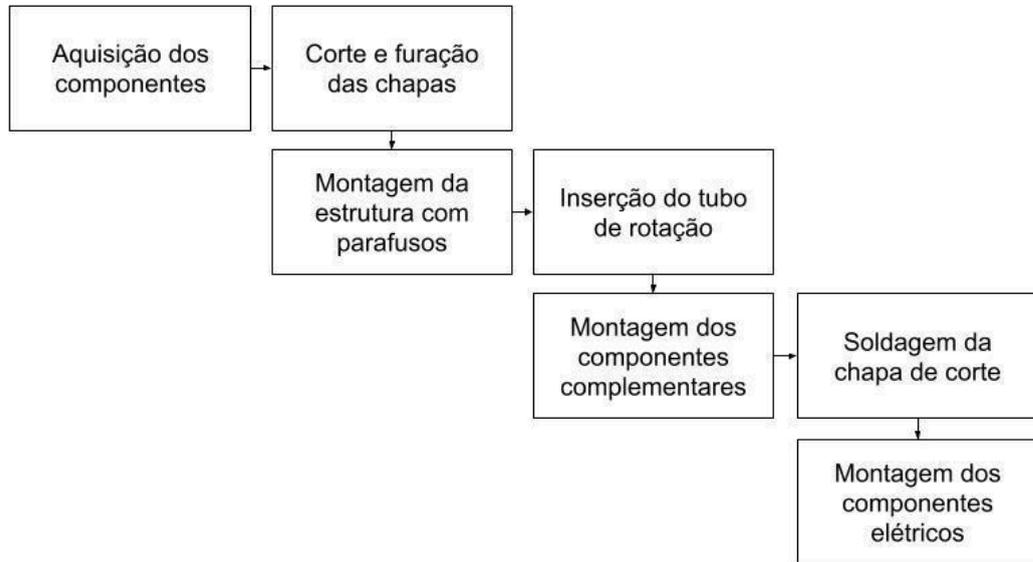
Fonte: Autoria própria (2025).

A Tabela 15 apresenta todos os componentes necessários para a fabricação da máquina, dividindo em item, quantidade, material, dimensões, peças fabricadas e sistemas. Os itens detalhados na Tabela 15 foram pesquisados e selecionados

conforme dimensões comerciais.

A Figura 19, traz um modelo de processo de fabricação para a embaladora.

Figura 19. Modelo para fabricação da embaladora.



Fonte: Autoria própria (2025).

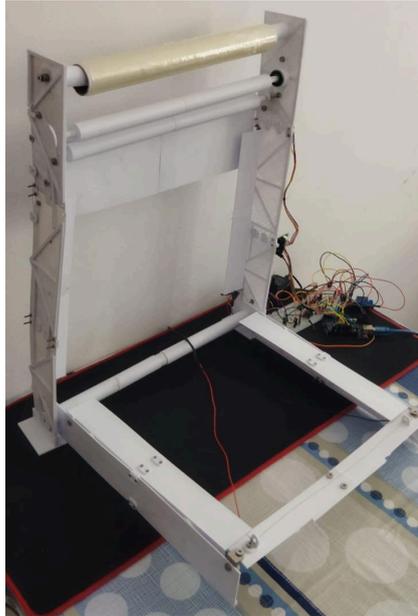
Como explicitado pela Figura 19, o processo conta com inicialmente a aquisição de todos os componentes, seguindo para o corte e furação das chapas de aço inoxidável, após isso, a máquina é montada por parafusos juntamente a inserção do tubo de rotação e os componentes complementares como os apoios do papel filme, rolamentos e as cantoneiras que ligam a barra transversal. Os rolos são encaixados nos rolamentos e então a chapa de corte é soldada na estrutura. Por fim, os motores, o fio e a parte elétrica são instalados finalizando a montagem.

#### 4.4.4 Montagem do protótipo

Para a montagem do protótipo foram utilizadas as peças mecânicas, todas impressas em 3D juntamente a componentes eletrônicos do Arduino.

A Figura 20 demonstra o resultado final do protótipo.

Figura 20. Protótipo da embaladora.



Fonte: A autoria própria (2025).

Assim, como demonstrado pela Figura 20, o protótipo possui algumas mudanças quando comparado com o modelo 3D (Figura 17), pois apresenta uma montagem com pequenos parafusos, devido à necessidade de impressão de peças cortadas, e ao tamanho da área de impressão da Ender 3, que limita o espaço em 20 centímetros de comprimento por 20 centímetro de largura.

A Tabela 16 traz o funcionamento da máquina em etapas.

Tabela 16. Processo de embrulho.

Posição 1	Posição 2	Posição 3	Posição 4
			

Fonte: A autoria própria (2025).

O processo de embrulho realizado pelo protótipo consta com primeiramente o posicionamento do objeto na base, partindo para a movimentação da estrutura da

base até a chegada na chapa de corte, onde o fio de corte é ativado, selando o papel filme, então a base retorna a posição inicial concluindo o processo.

Outro ponto acrescentado ao protótipo foi a presença de barras estruturais para apoiar a estrutura do sistema de armazenamento e tensionamento, que devido a espessura das chapas utilizadas não conseguia manter-se em pé. Assim, como uma melhoria para o projeto se propõe a realização de cortes nas chapas para melhor estruturação do projeto. Um modelo apresentado da peça barra lateral esquerda do sistema de armazenar e tensionar, pode ser visualizado pela Figura 21.

Figura 21. Melhoria na estrutura da embaladora.



Fonte: Autoria própria (2025).

Por meio da melhoria apresentada pela Figura 21, a estrutura através de um novo modelo de treliças, se torna mais resistente às cargas presentes em seu topo, conseguindo se manter em pé sem dificuldades.

A parte elétrica se manteve conforme a simulação, utilizando uma fonte de 12V para a alimentação do circuito do fio de corte, que é controlado pelo relé de 5V através do microcontrolador da plataforma arduino.

Enfim, a Tabela 17 resume os testes de funcionamento com base nas metas atribuídas.

Tabela 17. Tabela de resultados.

Ponto de análise	Meta	Resultado	Situação
Compacto e Independente	Volume Final menor que 40 por 40 por 40 centímetros; Não depender de nenhum outro dispositivo	Volume final de 35 por 35 por 48 centímetros; Não depende de nenhum outro dispositivo.	Aprovado
Embalar artigos de vários tamanhos	Variação da área de embalagem de até 25 por 25 centímetros.	Área de embalagem de 25 por 25 centímetros.	Aprovado
Consumo eficiente de papel filme	Embalamento sem falhas com apenas 2 voltas de embrulho.	Embrulha com apenas 1 volta	Aprovado
Utilização Simples	Quantidade de botões de interação menor que 2.	Somente 1 botão de interação	Aprovado
Boa durabilidade	Duração de vida útil de até 6 anos; Fácil manutenção.	Relé possui vida útil de 5 anos; Fácil manutenção;	Reprovado
Embalamento Rápido	Ciclo de cada embalagem menor que 30 seg.	Ciclo de embalagem de 10 segundos	Aprovado
Fácil reposição do rolo	Reposição com no máximo 8 movimentos não complexos sem exigir força física. Atende ao tamanho de rolo mais popular.	Reposição do rolo com 5 movimentos, mas com alguns movimentos complexos. Atende o tamanho popular de rolo	Aprovado
Infraestrutura	Bivolt (220v e 110v); Carcaça Inox (AISI 304); Tampa Plástica; Visor de Acrílico; Sensores de proximidade.	Bivolt; Carcaça inox; Porta plástica; Sensores de presença;	Aprovado
Sem contato manual	Processo de embalagem 100% Automático.	Processo de embalagem 100% automático	Aprovado
Portabilidade	Peso Total menor que 5 quilogramas.	Peso Total de aproximadamente 2,3 quilogramas	Aprovado
Segurança	Botão de emergência; Proteção física no sistema de corte.	Botão de emergência presente na máquina; Fio de corte protegido.	Aprovado
Boa selagem	Contorno da embalagem 100% selado.	Embalagem 100% selada	Aprovada
Acessibilidade	Botões ópticos. Sinalização sonora de início, fim de ciclo e reposição de rolo. Sinalização por LEDs. Braille.	Botão óptico; Sinalização por LEDs Braille;	Reprovado (Falta da sinalização sonora)

(Continua)

Tabela 17 - Continuação

Preço	Valor de produção menor que R\$250,00.	Valor de produção de aproximadamente R\$227,80	Aprovado
Complexidade	Utilização máxima de 5 sistemas/módulos.	Utilização de 4 módulos.	Aprovado

Fonte: Autoria própria (2025).

Como resultado de testes de funcionamento, através da Tabela 17, a máquina de embalar cumpre boa parte dos requisitos solicitados, pecando em pontos que podem ser realizadas melhorias através de pesquisas mais detalhadas e continuação do projeto.

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo, desenvolver uma embaladora de plástico filme com foco em acessibilidade. Considerando o tamanho do mercado do plástico filme e a necessidade diária de embrulho de alimentos e objetos em geral, uma máquina de embalar automatizada e de tamanho reduzido para uso doméstico e comercial é uma contribuição inovadora para o cenário.

A partir da aplicação da metodologia PDP, juntamente com ferramentas do *Design thinking*, foi possível desenvolver uma embaladora que atingisse em parte os pontos abordados como necessários para a máquina idealizada, mostrando que a metodologia é eficiente e funcional, promovendo uma criação cabível, economicamente viável e capaz de preencher as lacunas existentes em processos como o de embalar.

Durante a construção do protótipo, houveram limitações principalmente em relação a impressão das peças, devido ao tamanho máximo de confecção imposto pela máquina utilizada, o que resultou na necessidade de utilização de partes extras como barras estruturais para a sustentação da embaladora e parafuso extras entre os elementos. Além disso, questões de funcionamento dos eletrônicos adquiridos somado ao tempo de projeto limitaram a entrega de um protótipo totalmente funcional.

Como continuidade para o projeto, sugerem-se melhorias na estrutura de funcionamento, não limitando a rotação do sistema de embrulho somente ao tubo de rotação, e sim utilizando um mecanismo de barras, buscando a redução do torque necessário para funcionamento da máquina, reduzindo também a potência dos servos utilizados e quem sabe utilização de um motor dc simples, diminuindo o custo do projeto.

Portanto, o desenvolvimento da embaladora incorporou soluções inovadoras ao adaptar movimentos automáticos de embalagem, tradicionalmente presentes em equipamentos industriais, para o formato de embaladoras de bancada. Além disso, o baixo custo de produção contribui para torná-la mais acessível, visando aprimorar a eficiência e a praticidade do processo de embalagem no uso cotidiano.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRE. Associação Brasileira de Embalagem. Dados do setor 2022. [Internet]. 2023. Disponível em: <https://www.abre.org.br/dados-do-setor/2022-2/>. Acesso em: 03 set. 2024.

ALCAIDE, Eduard; WILTGEN, Filipe. Estudo das tecnologias em prototipagem rápida: passado, presente e futuro. *Revista Ciências Exatas*, v. 24, n. 2, p. 12-20, 2018.

AMBROSE, Gavin; HARRIS, Paul. *Basics Design 08: Design Thinking*. Lausanne: AVA Publishing, 2010. ISBN 978-2-940411-17-7.

BACK, Nelson; OGLIARI, André; DIAS, Acires; SILVA, Jonny Carlos. *Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem*. Barueri, SP: Manole, 2008. ISBN 978-85-204-2208-3.

BAXTER, Mike. *Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos*. São Paulo: Blucher, 2021.

BIAZOTO, Ana Caroline; FONSECA, Ana Júlia; HISSNAUER, Bruno Graciano; RODRIGUES, Guilherme da Silva; RAMOS, João Guilherme Souza; SILVA, Marcelo Alexandre Correa. *MVP brasileiro, uma análise das características de testes no mercado brasileiro*. UNIFEOB, São João da Boa Vista, 2022.

BONINI, Luiz Alberto; SBRAGIA, Roberto. O modelo de design thinking como indutor da inovação nas empresas: um estudo empírico. *Gestão e Projetos: GeP*, v. 2, n. 1, p. 3-25, 2011.

DE LIMA, José Donizetti; COSTA, Roberto Nunes da; PESSA, Sérgio Luiz Ribas;

ECHEVESTE, Márcia Elisa. Discussão da metodologia do desenvolvimento de um pupilômetro utilizando um modelo referencial do PDP: PUBILAB. In: VII SEPROSUL – Semana de Engenharia de Produção Sul-Americana, 2007, Salto, Uruguai. Anais Salto: UDELAR, 2007.

DE OLIVEIRA, Aline Cristina Antoneli. A contribuição do Design Thinking na educação. Revista E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial-ISSN-1983-1838, p. 105-121, 2014.

DE SOUZA, Pahlevi A. et al. Conservação pós-colheita de berinjela com revestimentos de fécula de mandioca ou filme de PVC. Horticultura Brasileira, v. 27, p. 235-239, 2009.

EBNESAJJAD, Sina (Ed.). Plastic films in food packaging: materials, technology and applications. William Andrew, 2012.

ESPACENET. European Patent Office. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/>. Acesso em: 11 ago. 2025.

FERENTZ, Danieli. Análise mercadológica e uso do Mínimo Produto Viável (MVP) para a introdução de um produto alimentício típico da Polônia no mercado consumidor brasileiro. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Florianópolis, 2021.

FRANCA, Errani. Automatic plastic film wrapping machine particularly suitable for suitcase. Estados Unidos, US5168691, 1990.

GOOGLE PATENTS. Disponível em: <https://patents.google.com/>. Acesso em: 11 ago. 2025.

GUIMARÃES, Aline Carpanesi; BUSSOLA, Rodolfo José Camilo; SILVA, Sandra

Elisabeth Paiva da. Comparação entre os métodos de 'Processo de Desenvolvimento de Produto' e 'Produto Mínimo Viável'. In: PEDROSA, Rafael Alves (org.). Gestão da Produção em Foco – Volume 47. Poços de Caldas: Editora Poisson, 2021. Cap. 6, p. 54.

HAMBIR, Prajakta; JOSHI, Nimish; KARANDE, Pranav; KOLHE, Amol. Automatic Weighing and Packaging Machine. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), v. 06, n. 05, p. 2129, 2019.

HURME, Janne; KOSKELA, Janne. Method for wrapping plastic film on a load and wrapping machine. Estados Unidos, US2018/0050832 A1, 2016.

IRIGARAY, Hélio Arthur Reis; STOCKER, Fabricio. ESG: novo conceito para velhos problemas. Cadernos EBAPE. BR, v. 20, p. 1-4, 2022.

LENS.ORG. Disponível em: <https://www.lens.org/>. Acesso em: 11 ago. 2025.

MACEDO, Mayara Atherino; MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick; CASAROTTO FILHO, Nelson. A caracterização do design thinking como um modelo de inovação. RAI Revista de Administração e Inovação, v. 12, n. 3, p. 157-182, 2015.

MANGARAJ, S.; GOSWAMI, T. K.; MAHAJAN, P. V. Applications of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables: a review. Food Engineering Reviews, v. 1, p. 133-158, 2009.

MARTINS, Kaisy Pereira et al. Acessibilidade de pessoas com deficiência física e sensorial em unidades de saúde da família. 2015.

MASAAKI, Fujio; YAMAMOTO, Tetsuhiro. Film wrapping machine. Estados Unidos, US4694633, 1986.

MATOS, Aylle Medeiros et al. Efeito da embalagem em papel filme ou a vácuo sobre

características antes e após a maturação da carne de bovinos terminados em confinamento. Pubvet, v. 14, p. 138, 2020.

NAVARRETE ÁLVAREZ, Marlon Edison. Implementación de una embaladora automática vertical para cajas. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso.

PEREZ, Miguel A. Quanto tempo necessita a natureza para degradar nosso lixo? Tags: Lixo, Meio Ambiente. Blog Think Big, 2016. Disponível em: <https://br.blogthinkbig.com/2016/02/12/quanto-tempo-necessita-a-natureza-para-degradar-nosso-lixo/>. Acesso em: 02 set. 2024.

PINTO, Bruna Camila Guerra; SILVEIRA, Dalmo; MORAES, Karla de Almeida; ESPÍRITO SANTO, Rafael Biemmi; SILVA, Caio Vinícius Ribeiro da. Produto mínimo viável (MVP) como ferramenta de análise da demanda potencial por espaços de coworking na estação de trem de São Caetano do Sul. Revista Científica Senai-SP – Tecnologia, Inovação & Educação, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 01-15, ago. 2022.

PLATTNER, Hasso; MEINEL, Christoph; LEIFER, Larry (Ed.). Design Thinking: Understand – Improve – Apply. Heidelberg: Springer-Verlag, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-13757-0>.

RIES, Eric. A startup enxuta: como os empreendedores atuais utilizam a inovação contínua para criar empresas altamente bem-sucedidas. Rio de Janeiro: Alta Books, 2011.

ROZENFELD, Henrique et al. Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, p. 453-468, 2006.

SILVA, Edna Maria de Oliveira. Disposição introduzida em máquina para embalar objetos em geral. Brasil, BR202016005554Y1, 2016.

UNIVASF. Sustentável: notícias sustentáveis: filme plástico é reciclável? 2019.

Disponível

em:

<https://portais.univasf.edu.br/sustentabilidade/noticias-sustentaveis/filme-plastico-e-r-eciclavel>. Acesso em: 12 set. 2024.

VIANNA, Maurício; VIANNA, Ysmar; ADLER, Isabel K.; LUCENA, Brenda; RUSSO, Beatriz. Design Thinking: Business innovation. 1. ed. eletrônica. Rio de Janeiro, 2013.

WIPO. World Intellectual Property Organization. Disponível em: <https://www.wipo.int/>. Acesso em: 11 ago. 2025.

**ANEXO A - CÓDIGO UTILIZADO NA SIMULAÇÃO**

```
#include <Servo.h>

// Posições dos servos
const int anguloInicial = 0;
const int anguloFinal = 90;

// Saídas
const int F = 3;
const int Mp = 8;
const int S1 = 4;
const int S2 = 2;

// Entradas
const int B = 5;
const int ST = 6;
const int SP1 = 7;
const int SP2 = 9;
const int FC1 = 10;
const int FC2 = 11;
const int BE = 12; // Botão de emergência

// Servos
Servo servoMotor1;
Servo servoMotor2;

// Memórias
int Memoria1 = 0;
int Memoria2 = 0;
bool emergenciaAtiva = false; // Variável para controlar estado de emergência
```

```
void setup() {
  Serial.begin(9600); // Inicia comunicação serial

  // Configuração das saídas
  pinMode(F, OUTPUT);
  pinMode(Mp, OUTPUT);

  // Configuração das entradas
  pinMode(B, INPUT_PULLUP);
  pinMode(ST, INPUT_PULLUP);
  pinMode(SP1, INPUT_PULLUP);
  pinMode(SP2, INPUT_PULLUP);
  pinMode(FC1, INPUT_PULLUP);
  pinMode(FC2, INPUT_PULLUP);
  pinMode(BE, INPUT_PULLUP); // Configura botão de emergência

  // Inicialização dos servos
  servoMotor1.attach(S1);
  servoMotor2.attach(S2);
  servoMotor1.write(anguloInicial);
  servoMotor2.write(anguloInicial);
}

void loop() {
  // Se o botão de emergência for pressionado, para tudo sem mexer nos servos
  if (digitalRead(BE) == HIGH) {
    if (!emergenciaAtiva) { // Se ainda não entrou na emergência
      emergenciaAtiva = true;
      servoMotor1.detach(); // Desconecta os servos para que parem
      servoMotor2.detach();
      digitalWrite(F, LOW); // Desliga motor
      digitalWrite(Mp, LOW); // Desliga outro motor
    }
  }
}
```

```

    Serial.println(" EMERGÊNCIA ATIVADA! SISTEMA PARADO.");
}
return; // Sai do loop até a próxima iteração
} else if (emergenciaAtiva) {
    // Se o botão de emergência for solto, reanexa os servos para retomar o controle
    emergenciaAtiva = false;
    servoMotor1.attach(S1);
    servoMotor2.attach(S2);
    Serial.println(" Emergência finalizada. Retomando operação...");
}

// Estado S1 (Movimentação do sistema de embrulho)
if (digitalRead(B) == LOW && digitalRead(SP1) == LOW && digitalRead(SP2) ==
LOW &&
    digitalRead(FC1) == HIGH && digitalRead(FC2) == LOW) {
    servoMotor1.write(anguloFinal);
    servoMotor2.write(anguloFinal);
}

// Estado S2 ( Liga o Relé)
if (digitalRead(B) == LOW && digitalRead(SP1) == LOW && digitalRead(SP2) ==
LOW &&
    digitalRead(FC1) == LOW && digitalRead(FC2) == HIGH && digitalRead(ST) ==
HIGH && Memoria1 == 0) {
    analogWrite(F, 255);
    Memoria1 = 1;
}

// Estado S3 ( Aguarda retirada do produto)
if (digitalRead(B) == LOW && digitalRead(SP1) == LOW && digitalRead(SP2) ==
LOW &&
    digitalRead(FC1) == LOW && digitalRead(FC2) == HIGH && digitalRead(ST) ==

```

```
LOW) {
    analogWrite(F, 0);
}

// Estado S4 (Retorno para posição inicial)
if (digitalRead(B) == LOW && digitalRead(SP1) == HIGH && digitalRead(SP2) ==
LOW &&
    digitalRead(FC1) == LOW && digitalRead(FC2) == HIGH) {
    servoMotor1.write(anguloInicial);
    servoMotor2.write(anguloInicial);
    digitalWrite(Mp, HIGH);
    Memoria1 = 0;
    Memoria2 = 1;
}

// Estado S5 (Posição final)
if (digitalRead(B) == LOW && digitalRead(FC1) == HIGH && digitalRead(FC2) ==
LOW &&
    digitalRead(SP2) == LOW && Memoria2 == 1) {
    digitalWrite(Mp, LOW);
    Memoria2 = 0;
}

delay(100); // Pequeno atraso para estabilidade
}
```

**ANEXO B - CÓDIGO UTILIZADO NO ARDUINO**

```
#include <Servo.h>
#include <Stepper.h>
// Servo
Servo Servo1;

// Entradas
const int B = 5;
const int FC2 = 7;
const int FC1 = 13;
const int ST = 6;
const int SP1 = 2;
const int SP2 = 12;
const int BE = 14;

// Saídas
const int S1 = 4;
const int F = 3;
const int passosPorRevolucao = 2048;
Stepper motor(passosPorRevolucao, 8, 10, 9, 11);

// Memórias
int Memoriabotao = HIGH;
bool Memoriasaida = 0;
int MemoriaSP1 = HIGH;
bool SP1saida = 0;
int MemoriaSP2 = HIGH;
bool SP2saida = 0;
int esquentando;
int esquentou;
int fim;
```

```
void setup() {  
  
    // Entradas  
    pinMode(B, INPUT);  
    pinMode(FC2, INPUT);  
    pinMode(FC1, INPUT);  
    pinMode(ST, INPUT);  
    pinMode(SP1, INPUT);  
    pinMode(SP2, INPUT);  
  
    // Saídas  
    Servo1.attach(S1);  
    pinMode(F, OUTPUT);  
    motor.setSpeed(10);  
  
    // Monitor Serial  
    Serial.begin(9600);  
  
    fim = 1;  
    digitalWrite(F, LOW);  
}  
  
void loop() {  
  
    int estadobotao = 0;  
    int estadoSP1 = 0;  
    int estadoSP2 = 0;  
    int estadofc1 = 0;  
    int estadofc2 = 0;  
    int estadost = 0;  
    int estadoBE = 0;
```

```
bool emergenciaAtiva = false; // Variável para controlar estado de emergência
```

```
// Para Evitar bug de recomeço
```

```
estadobotao = digitalRead(B);
```

```
estadofc1 = digitalRead(FC1);
```

```
estadofc2 = digitalRead(FC2);
```

```
estadost = digitalRead(ST);
```

```
estadoSP1 = digitalRead(SP1);
```

```
estadoSP2 = digitalRead(SP2);
```

```
estadoBE = digitalRead(BE);
```

```
// Transformando B em botão de hold
```

```
if (Memoriabotao == 0 && estadobotao == 1) {
```

```
    Memoriasaida = !Memoriasaida; // Alterna o estado
```

```
}
```

```
Memoriabotao = estadobotao; // Atualiza o estado do botão
```

```
delay(50);
```

```
// Transformando SC1 em botão de hold
```

```
if (MemoriaSP1 == 0 && estadoSP1 == 1) {
```

```
    SP1saida = !SP1saida; // Alterna o estado
```

```
}
```

```
MemoriaSP1 = estadoSP1; // Atualiza o estado do botão
```

```
delay(50);
```

```
// Transformando SC1 em botão de hold
```

```
if (MemoriaSP2 == 0 && estadoSP2 == 1) {
```

```
    SP2saida = !SP2saida; // Alterna o estado
```

```
}
```

```
MemoriaSP2 = estadoSP2; // Atualiza o estado do botão
```

```
delay(50);
```

```

// Se o botão de emergência for pressionado, para tudo sem mexer nos servos
if (estadoBE == 1) {
  if (!emergenciaAtiva) { // Se ainda não entrou na emergência
    emergenciaAtiva = true;
    Servo1.detach(); // Desconecta os servos para que parem
    digitalWrite(F, LOW); // Desliga relé
    motor.step(0); // Desliga outro motor
    Serial.println(" EMERGÊNCIA ATIVADA! SISTEMA PARADO.");
  }
  return; // Sai do loop até a próxima iteração
} else if (emergenciaAtiva == true) {
  // Se o botão de emergência for solto, reanexa os servos para retomar o controle
  emergenciaAtiva = false;
  Servo1.attach(S1);
  Serial.println(" Emergência finalizada. Retomando operação...");
}

// S0 -> S1

if(Memoriasaida == 1 && SP1saida == 1 && SP2saida == 1
  && estadofc1 == 0 && estadofc2 == 1 && fim == 1 && esquentando == 0){

  Servo1.writeMicroseconds(1600);
  // Serial.println("Rotacionando");
  esquentou = 0;
  fim = 0;
}

```

```
// S2
```

```
if(Memoriasaida == 1 && SP1saida == 1 && SP2saida == 1 &&  
estadofc1 == 1 && esquentou == 0 && esquentando == 0 ){
```

```
    Servo1.writeMicroseconds(1500); // Para o servo
```

```
    // Serial.println("Parado");
```

```
    // Serial.println(" Esquentando");
```

```
    digitalWrite(F, HIGH);
```

```
    esquentando = 1;
```

```
}
```

```
// S3
```

```
if (Memoriasaida == 1 && SP1saida == 1 && SP2saida == 1  
&& estadost == 1 && esquentando == 1){
```

```
    digitalWrite(F, LOW);
```

```
    esquentou = 1;
```

```
    esquentando = 0;
```

```
}
```

```
// S4
```

```
if (Memoriasaida == 1 && estadost == 0 && SP1saida == 0 && SP2saida == 1  
&& estadofc1 == 1 && estadofc2 == 0 && esquentou == 1){
```

```
    Servo1.writeMicroseconds(1300);
```

```
}
```

```
if (Memoriasaida == 1 && estadost == 0 && SP1saida == 0 && SP2saida == 1  
&& esquentou == 1){
```

```
    motor.step(500);
}

// S5
if (Memoriasaida == 1 && SP1saida == 0 && SP2saida == 1
    && estadofc2 == 1 && esquentou == 1){
    Servo1.writeMicroseconds(1500);
    motor.step(0);
    fim = 1;
    Memoriasaida = 0;
}
delay(50);
}
```