

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**MATHEUS KLUG COSTA**

**DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO DE BAIXO CUSTO PARA  
CONTROLE DE NÍVEL DE UM VARAL DE TETO COM FOCO NO  
PÚBLICO IDOSO**

**CURITIBA**

**2025**

**MATHEUS KLUG COSTA**

**DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO DE BAIXO CUSTO PARA  
CONTROLE DE NÍVEL DE UM VARAL DE TETO COM FOCO NO  
PÚBLICO IDOSO**

**Development of a low-cost device for ceiling clothesline level control focused  
on the elderly population**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia de Controle e Automação do  
curso de Engenharia de Controle e Automação da  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR).

Orientador(a): Prof.<sup>a</sup> Dra. Rosângela Bach Rodrigues  
dos Santos

**CURITIBA**

**2025**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**MATHEUS KLUG COSTA**

**DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO DE BAIXO CUSTO PARA  
CONTROLE DE NÍVEL DE UM VARAL DE TETO COM FOCO NO  
PÚBLICO IDOSO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia de Controle e Automação do  
curso de Engenharia de Controle e Automação da  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR).

Data de aprovação: 25 de novembro de 2025

---

Rosângela Bach Rodrigues dos Santos  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Narco Afonso Ravazzoli Maciejewski  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Paulo Cícero Fritzen  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**CURITIBA  
2025**

Dedico este trabalho, primeiramente a minha  
inspiração, minha eterna e amada Vó Julia e não  
menos importante a minha mãe, Giselmara, a quem  
eu devo o que sou hoje. Essas duas mulheres são  
exemplo de força, resiliência e amor.

## RESUMO

Nas últimas décadas, fatores como: políticas públicas, industrialização, urbanização e avanço tecnológico, propiciaram o aumento da expectativa de vida e consequentemente, o aumento da terceira idade no Brasil, que corresponde a 15,6% da população (IBGE, 2023). Devido a esse crescimento e mudanças socioculturais, essa faixa da população está vivendo em domicílios unipessoais. Logo, Tecnologias Assistivas (TA) tornam-se importantes para essa parcela bem como para pessoas com algum tipo de restrições de mobilidade, tais tecnologias possibilitam que idosos mantenham-se autônomos e independentes em atividades diárias. No entanto, a sociedade e o Estado não estão preparados para esse envelhecimento rápido e contínuo da população, a fim de assegurar seus direitos. Ademais, o mercado nessa área, mesmo em expansão, não atende todas as necessidades. Somado ao fato da maioria das soluções não serem acessíveis financeiramente para o público-alvo. Deste modo, este trabalho se propõe a desenvolver um protótipo de baixo custo para elevar e abaixar um varal de teto, auxiliando de modo contundente no cotidiano dos idosos em suas Atividades Instrumentais de Vida Diária (AIVDs), especialmente a Atividade 7 (“O(a) Sr(a) consegue lavar e passar sua roupa?”), presentes da Escala de Lawton. Durante o trabalho foi contemplado em seções e subseções a configuração da população idosa brasileira, Tecnologias Assistivas para o público em questão e políticas públicas. Também, foram abordados os modelos de varais existentes no mercado, destacando suas vantagens e desvantagens. Além disso, no desenvolvimento do protótipo foi percorrido os materiais e justificativa de uso deles no protótipo. Ao fim desse trabalho foi confeccionado o *Hardware* e *Software* do protótipo proposto.

Palavras-chave: idosos; Tecnologia Assistiva; protótipo; AIVDs.

## **ABSTRACT**

In recent decades, factors such as public policies, industrialization, urbanization, and technological advancement have contributed to increased life expectancy and, consequently, to the growth of the elderly population in Brazil, which currently represents 15.6% of the population (IBGE, 2023). Due to this increase and sociocultural changes, many individuals in this age group are now living alone. Therefore, Assistive Technologies (AT) have become essential for this portion of the population as well as for people with mobility restrictions, as such technologies allow older adults to remain autonomous and independent in their daily activities. However, society and the State are not prepared for the rapid and continuous aging of the population in order to ensure their rights. Furthermore, the market in this area, although expanding, does not meet all the needs, in addition to the fact that most solutions are not financially accessible to the target audience. Thus, this work proposes the development of a low-cost prototype designed to raise and lower a ceiling clothesline, providing significant assistance in the daily routine of older adults in their Instrumental Activities of Daily Living (IADLs), especially Activity 7 ("Are you able to wash and iron your clothes?") from the Lawton Scale. Throughout the work, sections and subsections addressed the characteristics of the Brazilian elderly population, Assistive Technologies for this group, and public policies. Existing clothesline models available on the market were also discussed, highlighting their advantages and disadvantages. Additionally, during prototype development, the materials used and the reasons for selecting them were described. At the end of this work, both the hardware and software of the proposed prototype were developed.

**Keywords:** elderly; Assistive Technology; prototype; Instrumental Activities of Daily Living.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pirâmide Etária 1970 .....	11
Figura 2 - Pirâmide Etária 2022 .....	11
Figura 3 - Massa Muscular: Jovem x Idoso.....	17
Figura 4 - ABVD, AIVD e AAVD .....	18
Figura 5 - Pessoas Diagnosticadas com Depressão no Brasil .....	19
Figura 6 - Estrutura Básica de um Microcomputador .....	21
Figura 7 - Exemplo de um Motor DC sem Escova .....	22
Figura 8 - Seção Transversal Motor CC de Ímã Permanente.....	24
Figura 9 - Circuito Elétrico da Armadura de um Motor CC .....	25
Figura 10 - Varal de Teto com Cordas e Roldanas Simples .....	26
Figura 11 - Nós .....	27
Figura 12 – Relação Tambor - Manivela .....	28
Figura 13 - Elevador de Varal .....	29
Figura 14 – Construção Elevador de Varal Comercial .....	30
Figura 15 - Peça e Flm de Curso .....	31
Figura 16 - Motorcraft Wapsa LP-B-33 .....	32
Figura 17 - Limpador de Para-brisa .....	32
Figura 18 - Desenho Motor de Para-brisa.....	33
Figura 19 – Freio de Prony .....	33
Figura 20 - Prática do Freio de Prony.....	34
Figura 21 - Desenho Técnico Motorreductor 100502112 .....	35
Figura 22 - Característica Elétricas Motorreductor 100502112 .....	35
Figura 23 - Sentido da Corrente .....	37
Figura 24 - Pinos de Entradas de Controle .....	39
Figura 25 - Pinos de Entrada/Saída Alimentação .....	39
Figura 26 - Diagrama de Ligação .....	41
Figura 27 - Medidas do Carretel .....	44
Figura 28 – Raio Máximo .....	45
Figura 29 - Montagem do Carretel .....	47
Figura 30 – Montagem e Disposição dos Equipamentos e Componente.....	47
Figura 31 - Chave Fim de Curso Movimento de Subida.....	48
Figura 32 - Chave Fim de Curso Movimento de Descida .....	48
Figura 33 – Conexão com Varal de Teto.....	49
Figura 34 – Passagem da Corda na Roldana e Fixação.....	50
Figura 35 – Resultado Fixação Protótipo-Varal.....	50
Figura 36 - Botões de Interação .....	51
Figura 37 - Teste sem Carga (Movimento de Descida) .....	52
Figura 38 - Teste sem Carga (Movimento de Subida) .....	52
Figura 39 - Saco com Roupa 1 .....	53
Figura 40 - Saco com Roupa 2 .....	54
Figura 41 - Saco com Roupa 3 .....	54
Figura 42 - Saco com Roupa 4 .....	55
Figura 43 - Teste com Carga (Movimento de Descida) .....	56
Figura 44 - Teste com carga (Movimento de Subida).....	56

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Especificações Placa BlackBoard UNO R3 .....	36
Tabela 2 - Especificações Ponte H IBT-2.....	38
Tabela 3 - Esquemático de Ligação (Controle).....	38
Tabela 4 - Esquemático de Alimentação .....	39
Tabela 5 - Especificações Fonte Chaveada 12 V .....	40
Tabela 6 - Massas Utilizadas .....	55
Tabela 7 - Custo Materiais .....	57
Tabela 8 - Comparação Protótipo vs. Soluções .....	58



## LISTA DE CÓDIGO

Listagem 1 - Definição dos Pinos .....	41
Listagem 2 - Inicialização das Entradas e Saídas .....	42
Listagem 3 - Loop Principal (Definição de Nível) .....	42
Listagem 4 - Loop Principal (Condições de Funcionamento) .....	43
Listagem 5 - Definição das Funções de Controle do Motor .....	43

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>1.1</b>	<b>Tema .....</b>	<b>11</b>
1.1.1	Delimitação do Tema.....	12
<b>1.2</b>	<b>Problemas e Premissas .....</b>	<b>13</b>
<b>1.3</b>	<b>Objetivos .....</b>	<b>15</b>
1.3.1	Objetivo Geral.....	15
1.3.2	Objetivos Específicos .....	15
<b>1.4</b>	<b>Justificativa.....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>Terceira Idade no Século XXI .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2</b>	<b>Sarcopenia .....</b>	<b>16</b>
<b>2.3</b>	<b>Atividades Instrumentais da Vida Diária (AIVDs) .....</b>	<b>18</b>
<b>2.4</b>	<b>Tecnologia Assistiva.....</b>	<b>19</b>
<b>2.5</b>	<b>Plano Nacional de Tecnologia Assistiva (PNTA) .....</b>	<b>20</b>
<b>2.6</b>	<b>Microcontroladores .....</b>	<b>21</b>
<b>2.7</b>	<b>Motores .....</b>	<b>22</b>
2.7.1	Motor <i>Brushless</i> DC .....	22
2.7.2	Motorreductor .....	23
<b>2.8</b>	<b>Varais de Teto.....</b>	<b>26</b>
2.8.1	Varal de Teto com Cordas e Roldanas Simples .....	26
2.8.2	Varal de Teto com Cordas e Manivela. ....	27
2.8.3	Elevador de Varal .....	29
<b>3</b>	<b>DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO.....</b>	<b>30</b>
<b>3.1</b>	<b>Elevador de Varal Comercial .....</b>	<b>30</b>
<b>3.2</b>	<b>Materiais e Métodos .....</b>	<b>31</b>
3.2.1	Motorreductor .....	31
<u>3.2.1.1</u>	<u>A Escolha do Motorreductor .....</u>	<u>31</u>
3.2.2	Placa BlackBoard UNO R3.....	36
3.2.3	Ponte H IBT-2.....	37
3.2.4	Fonte Chaveada 12 V.....	39
3.2.5	Sensores e Elementos de Interação.....	40
<b>3.3</b>	<b>Modelagem do Protótipo .....</b>	<b>40</b>
3.3.1	Desenvolvimento do Circuito Eletrônico e Lógica da Programação .....	40

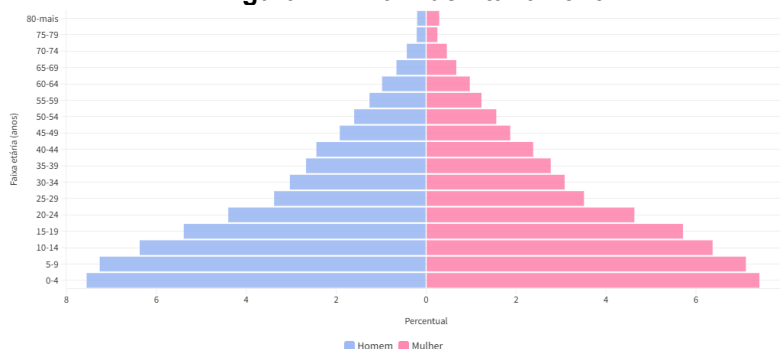
3.3.2	Desenvolvimento do “Carretel” .....	43
<u>3.3.2.1</u>	<u>Cálculo da Carga Máxima .....</u>	<u>43</u>
<b>3.4</b>	<b>Implementação do Protótipo .....</b>	<b>46</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>49</b>
<b>4.1</b>	<b>Conexão com Varal de Teto .....</b>	<b>49</b>
<b>4.2</b>	<b>Teste sem Carga.....</b>	<b>51</b>
<b>4.3</b>	<b>Teste com Carga.....</b>	<b>53</b>
<b>4.4</b>	<b>Análise de Custo do Protótipo .....</b>	<b>57</b>
4.4.1	Comparações com Soluções de Mercado .....	57
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>59</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>61</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Tema

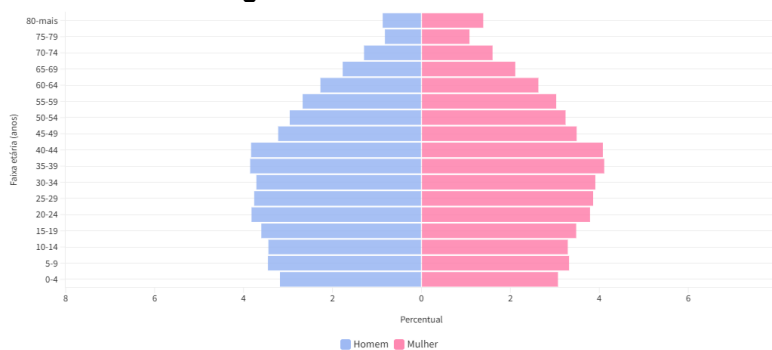
O Brasil passa por uma transição demográfica em sua pirâmide etária, essa mudança trata-se do envelhecimento da população brasileira, que se deve a diminuição da taxa de natalidade, redução da taxa de mortalidade e o aumento da expectativa de vida. Essa alteração na composição por faixa etária dos brasileiros, é perceptível desde a década de 1970 até os dias atuais, como mostrado nas Figura 1 e Figura 2.

**Figura 1 - Pirâmide Etária 1970**



**Fonte: IBGE (2022a)**

**Figura 2 - Pirâmide Etária 2022**



**Fonte: IBGE (2022b)**

De acordo com o Estatuto do Idoso, “é instituído o Estatuto do Idoso, destinado a regular os direitos assegurados às pessoas com idade igual ou superior a 60 (sessenta) anos” (BRASIL, 2003, art. 1º), logo considera-se como idoso, pessoas que possuem 60 ou mais. Segundo o último Censo Demográfico realizado, em 2022, a população de terceira idade representava 15,8% dos brasileiros, um salto de 46,6% comparado com o penúltimo Censo de 2010 (IBGE, 2023). A transição demográfica do Brasil tem vínculos complexos com diversos fatores do desenvolvimento do país,

como: êxodo rural, políticas públicas (saneamento básico, Programa Saúde da Família, maior acesso à educação), industrialização, segurança alimentar e avanços tecnológicos em diferentes áreas.

Esse último fator foi o abordado neste trabalho, mais especificamente a Tecnologia Assistiva (TA). O termo TA surgiu, com maior representatividade, nos Estados Unidos no período pós Segunda Guerra, devido ao número elevado de soldados que retornaram com algum tipo de deficiência. Em 2015, no Brasil, por meio da Lei nº 13.146, Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (LBI), surgiu legalmente o termo. A LBI define a Tecnologia Assistiva como: “produtos, equipamentos, dispositivos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivem promover a funcionalidade, relacionada à atividade e à participação da pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida, visando à sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social” (BRASIL, 2015, art 3º, inciso III).

No entanto, 10 anos após a criação da Lei e avanços tecnológicos, a área da TA ainda é pouco explorada quando comparada com outras, como tecnologia da informação, comunicação etc. Apesar de haver uma demanda elevada nessa área, por conta de diferentes deficiências e envelhecimento da população (público-alvo crescente), a oferta ainda é baixa. O que torna TA um nicho e que não abrange a maioria das soluções. Por isso, vive-se um paradigma a respeito das TAs, pois ao mesmo tempo que uma solução nova e criada tem o objetivo de dar independência, autonomia e inclusão, ela também exclui, uma vez que não é acessível financeiramente.

#### 1.1.1 Delimitação do Tema

A Tecnologia Assistiva possui um público-alvo extenso e, claramente, existem inúmeras soluções que já abrangem algumas necessidades. Porém, elas têm espaço para serem melhor desenvolvidas, aprimoradas e com um custo mais baixo.

Dentre as atividades domésticas diárias tem-se a necessidade de lavar roupa, e em sequência estendê-las para a secagem no varal. Com a crescente verticalização das cidades, mais pessoas estão morando em apartamentos e popularizou-se o varal de teto, devido a otimização de espaço que esse proporciona. Justamente, devido a isso e ao maior número de idosos morando sozinhos, esse trabalho de conclusão de curso se aprofunda no desenvolvimento de um dispositivo de baixo custo, que atenda

a necessidade de erguer e abaixar, automaticamente, um varal de teto sem demandar esforço físico do público idoso. Também foi realizado um aprofundamento no estudo de como tornar tal dispositivo mais acessível, mercadologicamente, para consumidor e empreendedor, por meio de sua análise de viabilidade econômica.

Vale ressaltar, que para a aplicação proposta existe uma solução, a máquina lava e seca. No entanto, tal equipamento possui valor elevado, não é eficiente energeticamente e tem limitações ao tipo de roupa.

## **1.2 Problemas e Premissas**

O processo de envelhecimento causa alterações visíveis em todos os sistemas biológicos do corpo, como: rugas, embranquecimento do cabelo, perda de visão e audição etc. Para o presente estudo, destaca-se a mudança no sistema muscular e ósseo – ossos mais frágeis, rigidez das articulações e perda de massa muscular, consequentemente, diminuição da força e mobilidade. As quais são resultado da diminuição da síntese proteica, devido ao avanço da idade, e redução das unidades motoras das fibras de contração rápida (MAZINI FILHO *et al*, 2010a).

Devido a esse processo de enfraquecimento muscular, as atividades diárias e comuns a todos, que antes eram simples, tornam-se complexas na terceira idade. Tais atividades são classificadas de três formas: Atividades Básicas de Vida Diária (ABVDs) e Atividades Instrumentais da Vida Diária (AIVDs) e Atividades Avançadas de Vida Diária (AAVDs), segundo Reuben e Solomon (1989).

Esse trabalho tem como objetivo de estudo as AIVDs. No entanto, a ponto de esclarecimento, as ABVDs são relacionadas ao autocuidado e as AAVDs são atividades ligadas a sociabilidade e a intelectualidade do idoso.

As AIVDs estão relacionadas com a capacidade do idoso de levar uma vida independente dentro da sociedade, sendo elas: utilizar os meios de transportes e telefone, tomar os medicamentos, cozinhar, fazer compras, pagar contas e realizar atividades domésticas leves e pesadas. A escala que relaciona tais atividades, denomina-se Escala de Lawton, proposta por Lawton e Brody (1969).

A capacidade de realizar as AIVDs é essencial para levar uma vida independente, além da suma importância para a saúde mental, principalmente da população idosa. A partir do conceito abaixo percebe-se o grau de relevância das AIVDs em retardar doenças mentais na terceira idade.

A deterioração funcional nas atividades instrumentais da vida diária (AIVD) também pode ser um forte preditor de sinal clínico precoce de demência. A chance de prognóstico positivo de demência nos indivíduos idosos inicialmente livres de qualquer tipo de desordem neurológica, e classificados como dependentes em AIVD, é de aproximadamente 10 vezes maior que naqueles considerados como não dependentes. (RASO, 2007 *apud* INACIO, 2011, p.10).

Há duas questões a serem consideradas que podem estender o período hábil, o qual o idoso consegue realizar essas atividades. Primeiro, a prática de musculação, e segundo a existência de uma TA que atenda tal AIVDs. No entanto, sabe-se que 59,7% dos idosos são sedentários, como aponta a Pesquisa Nacional de Saúde de 2019 (IBGE, 2020a). Além disso, certas atividades que são encontradas na Escala de Lawton (Quadro 1) não são englobadas ou não acessíveis financeiramente por nenhuma solução existente de TA.

**Quadro 1 - Escala de Lawton**

ATIVIDADE		AVALIAÇÃO	
1	O(a) Sr(a) consegue usar o telefone?	Sem ajuda Com ajuda parcial Não consegue	3 2 1
2	O(a) Sr(a) consegue ir a locais distantes, usando algum transporte, sem necessidade de planejamentos especiais?	Sem ajuda Com ajuda parcial Não consegue	3 2 1
3	O(a) Sr(a) consegue fazer compras?	Sem ajuda Com ajuda parcial Não consegue	3 2 1
4	O(a) Sr(a) consegue preparar suas próprias refeições?	Sem ajuda Com ajuda parcial Não consegue	3 2 1
5	O(a) Sr(a) consegue arrumar a casa?	Sem ajuda Com ajuda parcial Não consegue	3 2 1
6	O(a) Sr(a) consegue fazer trabalhos manuais domésticos, como pequenos reparos?	Sem ajuda Com ajuda parcial Não consegue	3 2 1
7	O(a) Sr(a) consegue lavar e passar sua roupa?	Sem ajuda Com ajuda parcial Não consegue	3 2 1
8	O(a) Sr(a) consegue tomar seus remédios na dose e horários corretos?	Sem ajuda Com ajuda parcial Não consegue	3 2 1
9	O(a) Sr(a) consegue cuidar de suas finanças?	Sem ajuda Com ajuda parcial Não consegue	3 2 1
		TOTAL	

**Fonte: Ministério da Saúde (2006a)**

Como exemplo de atividades que são englobadas pela Tecnologia Assistiva e atendem à Escala de Lawton, tem-se:

- Robô aspirador para a Atividade 5 (“O(a) Sr(a) consegue arrumar a casa?”);
- Caixa organizadora de comprimidos para a Atividade 8 (“O(a) Sr(a) consegue tomar seus remédios na dose e horários corretos?”)

No entanto, quando se analisa a Atividade 7 (“O(a) Sr(a) consegue lavar e passar sua roupa?”) há poucas TAs acessíveis que auxiliem os idosos em responder 3 (“Sem ajuda”), principalmente, ao pensar no ato de pendurar as roupas em um varal de teto.

No mercado, encontram-se pouquíssimos “Elevadores Elétricos para Varal”, ao custo de R\$750,00 aproximadamente, o que os torna inacessíveis para a maioria das pessoas da terceira idade, que tem como renda uma aposentadoria. Por outro lado, é possível encontrar dispositivos acessíveis, em torno de R\$100,00, porém a elevação do varal é feita por meio do uso de manivela, o que demanda um esforço do usuário.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo Geral**

Esse trabalho propõe o desenvolvimento de um protótipo de baixo, o qual eleve e abaixe um varal de teto, sem o esforço físico do público-alvo.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Realizar a revisão bibliográfica para analisar estudos similares;
- Levantar os componentes necessários para a construção de um *hardware* de baixo custo para o protótipo, a fim de se obter um dispositivo acessível financeiramente para o consumidor alvo;
- Construir o *hardware* com os componentes selecionados;
- Escrever o código com a lógica de funcionamento do equipamento;
- Aplicar o protótipo a um varal de teto;
- Analisar financeiramente o trabalho, por meio de uma comparação de mercado;
- Avaliar os resultados obtidos a partir da construção do protótipo e seus benefícios para o público-alvo.

### **1.4 Justificativa**

Deste estudo resultou um equipamento, em uma área pouco explorada pela gama de soluções das TAs, com o objetivo de elevar e abaixar um varal de teto, sem forçar fisicamente o usuário. Esse trabalho resultou em um dispositivo em concordância com a Política Nacional de Saúde da Pessoa Idosa, a qual tem como finalidade "recuperar, manter e promover a autonomia e a independência dos indivíduos idosos" (BRASIL, Portaria N° 2.528, de 2006b). Além de demonstrar que é possível soluções mais acessíveis e auxiliar mais idosos nas AIVDs.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo aborda temas que servirão de base para sustentar teoricamente o trabalho. Ademais possibilitará a visualização da temática de forma mais ampla. A revisão se dará em seções, aprofundando-se em tópicos tanto já abordados quanto tópicos ainda não citados.

### 2.1 Terceira Idade no Século XXI

O envelhecimento da população é uma tendência não apenas no Brasil, mas global. A cada dia mais pessoas tornam-se sexagenárias no país e entram na terceira idade. Isso é uma conquista do desenvolvimento do Brasil e do avanço tecnológico, em diferentes áreas, globalmente. No entanto, com o aumento rápido e contínuo dessa faixa etária, o país não conseguiu se planejar para os desafios que essa nova fase traz, principalmente na garantia dos direitos dessa crescente população, que agora vive mais. Segundo o cruzamento dos dados do Censo 2022 e Projeções de População do IBGE, são 33 milhões de idosos, sendo 79,7 anos de expectativa de vida para mulheres e 73,1 anos para homens (IBGE, 2024a).

Quando se pensa no envelhecimento, principalmente no século XXI, não se pode levar em consideração apenas aspectos físicos, é essencial considerar os aspectos mentais e psíquicos. Devido, não só ao processo de envelhecimento da população, mas também uma mudança cultural de falta de suporte social e familiar.

De acordo com o último Censo, são pouco mais de 5,6 milhões de idosos morando sozinhos (IBGE, 2024b). Esse movimento de quase 17% da terceira idade residir sem companhia reforça uma tendência de isolamento social, que ocorre nessa idade. O qual agrava outro aspecto crescente nessa população, a depressão. Alguns fatores como: incentivar o idoso a se manter ativo e propiciar uma independência digna e saudável em realizar suas atividades diárias, ajudam a diminuir a depressão nesse grupo etário.

### 2.2 Sarcopenia

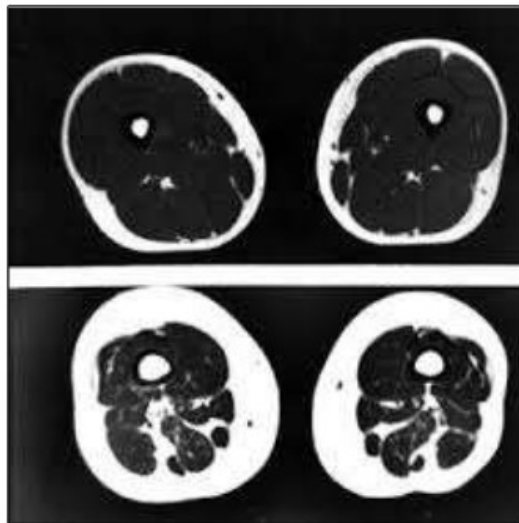
A palavra Sarcopenia (*sark* = carne e *penia* = perda), ou seja, “perda de carne”, nada mais é que a diminuição da massa muscular do corpo humano, a qual é intimamente relacionada com o avanço da idade. “Isso ocorre em consequência das limitações tanto da atividade física quanto da massa muscular, que seria o resultado

de uma redução da síntese proteica ocorrida com o envelhecimento e da perda de unidades motoras das fibras de contração rápida” (MAZINI FILHO *et al*, 2010b).

Pesquisas recentes descobriram que outras doenças crônicas, as quais são mais comuns na terceira idade, como: doença pulmonar obstrutiva crônica, insuficiência cardíaca crônica, doença renal crônica, diabetes mellitus e câncer, estão associadas ao desenvolvimento de sarcopenia, afirma Ardeljan e Hurezeanu (2020, *apud* SILVA *et al.*, 2021a). A partir de 2016, a Sarcopenia passou a ser considerada uma doença pela Organização Mundial da Saúde (OMS) com Código Internacional de Doença (CID-10M62.84).

Com a diminuição da massa muscular, mas nem sempre de forma proporcional, a força muscular também diminui. Consequentemente, diversas atividades tornam-se mais custosas e difíceis para os idosos, principalmente as que necessitam da aplicação de força física, por exemplo, varrer a casa, carregar as compras do mercado, pendurar roupas molhadas no varal etc.

**Figura 3 - Massa Muscular: Jovem x Idoso**



**Fonte: Roubenoff (2000)**

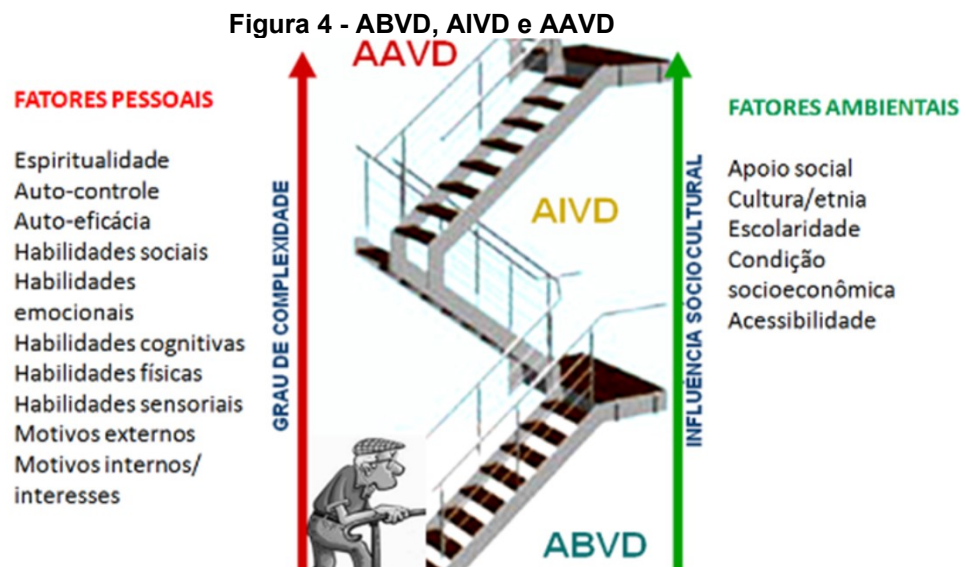
Na Figura 3, a partir de uma ressonância magnética é possível ver a proporção de massa magra (em preto) para massa gorda (em branco) em um jovem (parte superior na imagem) e em um idoso (parte inferior da imagem), (ROUBENOFF, 2000 *apud* SILVA *et al.*, 2021b). Comprovando a diminuição do tecido muscular com o envelhecimento.

### 2.3 Atividades Instrumentais da Vida Diária (AIVDs)

As Atividades Instrumentais da Vida Diária (AIVDs) são aquelas que qualquer pessoa, totalmente independente, consegue realizar em sua totalidade. Elas vão desde autocuidado e cuidado com a casa a cuidados com as finanças.

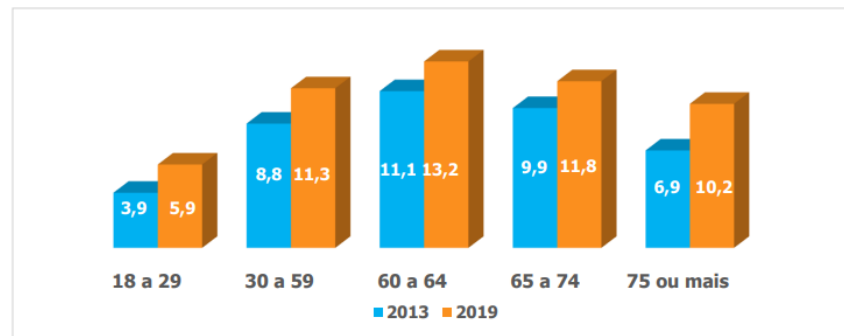
As AIVDs são um conceito pouco conhecido, mas extremamente importante para analisar o grau de incapacidade de um idoso. Ao avaliar de forma correta essas atividades, através da Escala de Lawton (Quadro 1) pode-se ter um diagnóstico prévio da incapacidade do idoso, com o decorrer dos anos, em não ser capaz de realizar atividades mais simples, chamadas de Atividades Básicas da Vida Diária (ABVDs). Essa contempla apenas atividades de autocuidado.

Com essa avaliação assertiva das AIVDs é possível definir medidas de auxílio para o idoso. E do ponto de vista comercial, pode-se observar tendências de produtos a serem desenvolvidos para solucionar alguma dor ou problema desse público.



Fonte: (DIAS, p.228, 2014)

Há artifícios que auxiliam nas novas dificuldades que o envelhecimento traz, como uma boa avaliação dos AIVDs, citada anteriormente e o desenvolvimento das TAs. Uma vez que o sentimento de solidão (mais idosos moram sozinhos) e inutilidade (incapacidade de realizar certas atividades) aumentam a chance do desenvolvimento de depressão. A terceira idade é a população que tem maior percentual relativo de pessoas diagnosticadas com algum grau de depressão, como apontado na Pesquisa Nacional de Saúde 2019 (IGBE, 2020b), Figura 5.

**Figura 5 - Pessoas Diagnosticadas com Depressão no Brasil**

Fonte: MINISTÉRIO DA MULHER (2022)

## 2.4 Tecnologia Assistiva

O termo Tecnologia Assistiva (TA), do inglês *Assistive Technology*, tem sua origem em 1988, nos Estados Unidos como um marco para assegurar o direito de pessoas com deficiência nesse país, compondo a *ADA – American with Disabilities Act*. E como afirma Diniz, “ser velho é experimentar o corpo deficiente” (2007, p.78, *apud* Rodrigues *et al.*, 2013). Logo, as TAs são fundamentais para garantir uma vida digna e com máximo de independência do público idoso.

O ramo da TAs é extenso e pode ser um equipamento simples como uma bengala ou um dispositivo moderno como alarme de queda, que cruza dados de diferentes tipos de sensores: acelerômetro, giroscópio e detector de impacto. A partir dos dados desses sensores, um algoritmo consegue interpretar e monitorar a postura do idoso, a fim de determinar se houve ou não uma queda.

Embora seja uma área extensa e de vastas possibilidades, é um segmento escasso de soluções ainda. Alguns fatores citados na Cartilha “Síntese de evidências para políticas: Acesso à Tecnologia Assistiva” (OMS, 2020), mostra os pontos essenciais a serem considerados, assim como o cenário atual da TAs no mundo.

Tópicos de destaques são:

- Envelhecimento global e necessidade crescente e rápida por TAs, em 2050, estima-se que 2 bilhões de pessoas precisarão da ajuda de alguma TA;
- 90% dos que precisam não tem acesso a uma solução tecnológica assistiva;
- Dos 10% que têm acesso, 75% acabam deixando de lado a solução, por conta de falha nos produtos ou falta de um auxílio inicial no uso;
- Falta de apoio político e econômico.

Devido a esse último, em 2021, o Governo Brasileiro instituiu o Plano Nacional de Tecnologia Assistiva (PNTA).

## **2.5 Plano Nacional de Tecnologia Assistiva (PNTA)**

Em 2019, foi instituído o Comitê Interministerial de Tecnologia Assistiva (CITA) pelo Decreto Nº 10.094 de 06 de novembro de 2019 (BRASIL, 2019), o qual é uma confluência de diversos ministérios (Ciência, Educação, Saúde, Direitos Humanos), o que comprova o quão extenso é esse tema. A partir desse Comitê foi apresentado o PNTA, conforme Decreto Nº 10.645 de 11 de março de 2021 (BRASIL, 2021a). O PNTA divide-se em seis partes: Contextualização; Diretrizes; Objetivos; Eixos; Iniciativas, Metas e Indicadores; Monitoramento e Acompanhamento (BRASIL, 2021b). Será destacado nesta seção as diretrizes e objetivos do plano.

O PNTA tem cinco diretrizes (BRASIL, p.28, 2021c), sendo elas:

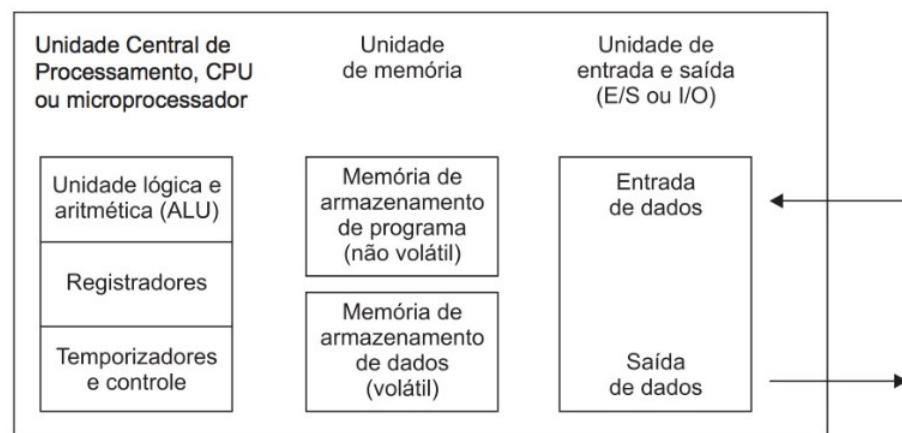
- I. Eliminação de barreiras à inclusão social a partir do acesso e uso de TAs;
- II. Incentivo a pesquisa e inovação em produtos, dispositivos, metodologias e serviços relacionados a TAs;
- III. Apoio ao empreendedorismo, indústria e cadeias produtivas vinculadas a TAs;
- IV. Estímulo a entrada de soluções de TAs na área do trabalho, educação, cuidado e proteção social;
- V. Foco em ações para o desenvolvimento da independência e autonomia dos cidadãos.

As cinco diretrizes citadas acima convergem para o objetivo geral do PNTA, o qual tem como meta direcionar as ações do Estado brasileiro em: incentivar a pesquisa e desenvolvimento de soluções em TAs, a fim de promover a independência e autonomia dos indivíduos alvos para superar a exclusão social e garantir a todos o cumprimento de seus direitos. Além de apoiar o mercado desse setor com incentivos fiscais e acesso facilitado ao crédito (BRASIL, p.31, 2021d).

## 2.6 Microcontroladores

Antes de adentrar especificamente em microcontrolador, será abordado, brevemente, o conceito de microcomputador. Tal dispositivo foi o precedente do microcontrolador, e é um equipamento eletrônico integrado e compacto cujo objetivo é imitar ou reproduzir o sistema “ser humano.” (GIMENEZ, 2015a, p.11). Ele é composto por 3 blocos básicos (Figura 6). Sua principal vantagem é o rápido processamento, além de uma ampla e confiável memória. No entanto, possui custo elevado.

**Figura 6 - Estrutura Básica de um Microcomputador**



**Fonte: GIMENEZ (2015b, p. 12)**

A partir do avanço tecnológico, ocorrido nos últimos anos, foi possível integrar as 3 partes básicas de um microcomputador, apresentado na Figura 6, em um único circuito integrado, chamado de microcontrolador. Os microcontroladores são utilizados em aplicações simples e específicas, as quais não demandam tanto poder de processamento. Ademais, tais dispositivos possuem custo menor para aquisição, barateando a aplicação em desenvolvimento. Como exemplo de aplicação é possível citar equipamentos eletrônicos de controle de elevadores (GIMENEZ, 2015c). Além disso, a utilização de um microcontrolador adequa-se ao tema proposto, uma vez que o objetivo do atual trabalho é o desenvolvimento de um protótipo de baixo custo.

Há diversos modelos de microcontroladores como: Intel 8051, Raspberry Pi, Arduino Uno e ESP32 etc. O *hardware* escolhido foi descrito no Capítulo 3, Subseção 3.2.2.

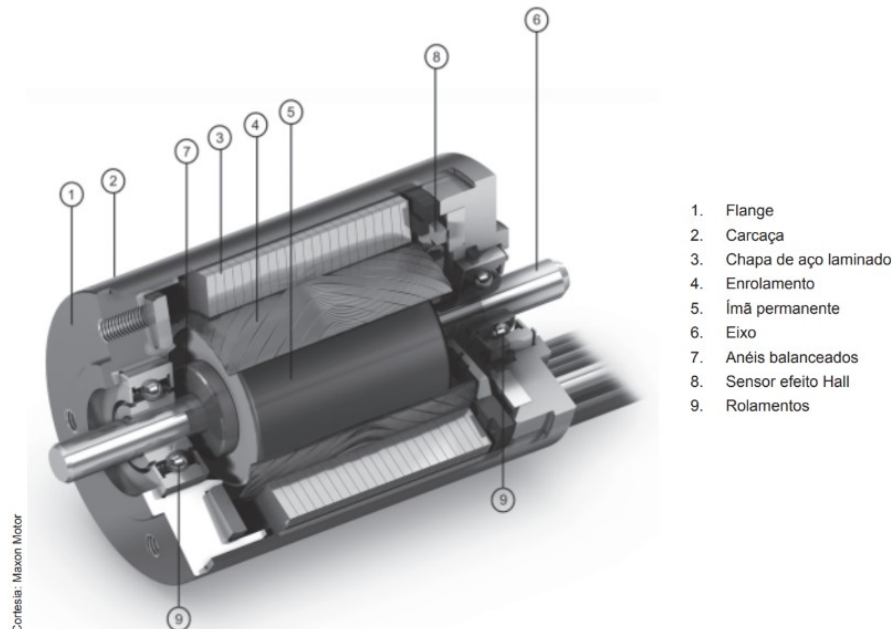
## 2.7 Motores

Nesse item são abordados alguns motores que podem ser integrados com microcontroladores com foco em erguer e abaixar cargas.

### 2.7.1 Motor *Brushless* DC

O Motor *Brushless* DC (sem escova), é um tipo de máquina síncrona. Ou seja, o campo magnético gerado no estator e no rotor rotacionam em uma mesma frequência, não ocasionando escorregamento. Tal característica já o torna mais atrativo quando comparado com motores indutivos.

**Figura 7 - Exemplo de um Motor DC sem Escova**



**Fonte: SANTOS (2015, p. 61).**

De forma simplificada o funcionamento desse tipo de motor se dá na interação entre o campo magnético gerado pelas bobinas e o campo magnético dos ímãs do rotor. Considerando um motor hipotético de três terminais alimentados um com tensão positiva, outro com tensão negativa e terceiro em estado flutuante, pode-se chegar no que é definido por comutação. A qual energiza cada terminal do motor, como citado anteriormente, e dessa forma com dois terminais sendo energizados gera-se um campo magnético no estator, que ao interagir com o campo magnético permanente gerado pelos ímãs do rotor, resultará no torque responsável pela rotação mecânica do eixo do motor. Tanto a precisão na comutação quanto o ímã utilizado no rotor é de suma importância para o torque disponível (BROWN, 2002).

Quando se aborda esse tipo de motor em aplicações menores como é o caso desse trabalho, pode-se encontrar, facilmente, a venda:

- Motor *Brushless* DC para para-brisa de carro e motor de vidro elétrico;
- Motor *Brushless* DC com Caixa de Redução Acoplada, a fim de aumentar o torque disponível na ponta do eixo. Exemplo, o JGY-370.
- Servomotor com Motor *Brushless* DC. Devido ser um servo, se diferencial por ter um controle de posição embutido. Tornando-se interessante para aplicações que necessitam de precisão e de torque elevado. No entanto, são mais caros, difíceis de achar modelos que tenham rotação de 360°. Além, de assim como comentado sobre o motor de passos, não se necessita de tal precisão no atual trabalho. Exemplo, o MG995 - Digital 360°

### 2.7.2 Motorreductor

O Motorreductor, nada mais é que a junção de motor com reductor. O motor elétrico logo quando criado, era pouco eficiente, conseguindo ter um rendimento minimamente melhor apenas em velocidades elevadas. Por conta disso, era necessário criar um dispositivo que conseguisse realizar a transmissão das velocidades altas dos motores (eficiência maior) para as velocidades úteis das máquinas (MACHINE DESIGN, 2001). Então, surgiu os redutores, que em um primeiro momento tinham como principal função diminuir a velocidade para atender o funcionamento das máquinas, e em dias atuais, tem como principal funcionalidade fornecer mais torque. Não se sabe ao certo quem criou o primeiro motorreductor, mas um dos precursores é Albert Obermoser, o qual registrou uma patente, em 1928 na Alemanha, com o nome de “Vorlegemotor” (SEW-EURODRIVE, 2025).

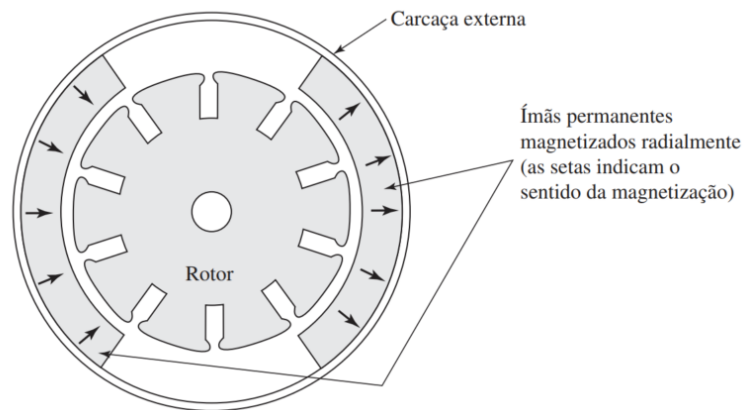
Atualmente, os redutores são acoplados há servomotores, motores de corrente alternada e motores de corrente contínua, sendo este último o utilizado no projeto. Primeiro, será aprofundado sobre o motor CC, responsável pela geração do movimento rotativo do motorreductor. Em seguida, será abordado sobre o reductor, encarregado por transmitir o movimento para a carga, podendo ajustar velocidade e torque de acordo com a necessidade.

Em baixa potência e aplicações domésticas, os motores CC mais comuns são os de ímã permanente. Neles, no lugar do enrolamento de campo há um ímã



permanente (Figura 8). Tal característica confere ao motor alguns benefícios como: não necessidade em excitação externa nem dissipação da potência para criar campos magnéticos, além disso o espaço necessário para os ímãs é menor quando comparado com o os que possuem enrolamento de campo, logo as máquinas são menores e possuem custo inferior (FITZGERALD; KINGSLEY; UMANS, 2014).

**Figura 8 - Seção Transversal Motor CC de Ímã Permanente**



**Fonte: FITZGERALD; KINGSLEY; UMANS (2014, p. 437).**

O torque de qualquer motor CC depende de três fatores: o fluxo da máquina ( $\Phi$ ), a corrente de armadura da máquina ( $I_a$ ) e uma constante que depende da arquitetura do motor ( $Kt$ ). Isso é expresso pela seguinte equação:

$$T = Kt \cdot \Phi \cdot I_a \quad (1).$$

Como em um motor de ímã permanente o fluxo é constante, pode-se simplificar a constante  $Kt$  juntamente com o fluxo constante em uma única constante ( $K$ ), logo a equação passa a ser:

$$T = K \cdot I_a \quad (2).$$

Logo, conclui-se que o torque na ponta do eixo é diretamente proporcional a corrente de armadura (CHAPMAN, 2013a).

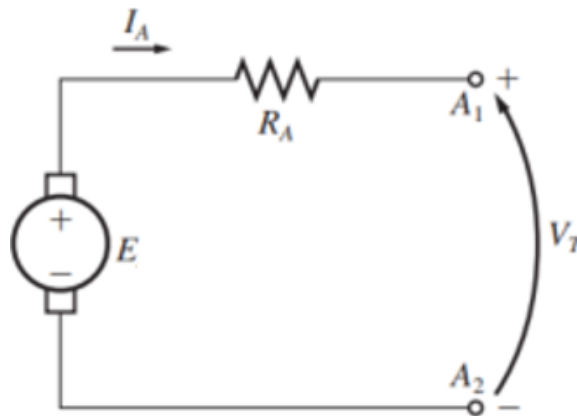
No entanto, pelo Princípio da Ação e Reação, é gerada uma força contrária ao movimento do rotor. Isso se deve, pois com o torque, há a rotação do rotor dentro do campo magnético gerado pelo estator, o que faz induzir uma tensão no condutor do rotor. Essa reação é conhecida como Força Contra Eletromotriz ( $E_b$ ), essa tensão contrária a tensão de alimentação, diminui a corrente do motor quando em movimento. A partir disso, chega-se em uma outra equação:

$$E_b = Ke \cdot \Phi \cdot \omega \quad (3).$$

Onde  $K_e$  é a constante eletromotriz, a qual tem a mesma magnitude de  $K_t$ , uma vez que depende da configuração construtiva do motor. O fluxo magnético é representado por  $\Phi$  e a velocidade angular por  $\omega$  (CHAPMAN, 2013b). Tal equação é fundamental para compreender a o alto torque de partida, característica principal do motor para a funcionalidade do projeto.

É possível modelar o circuito elétrico da armadura de um motor CC, a partir da Lei de Kirchhoff das Tensões, Figura 9.

**Figura 9 - Circuito Elétrico da Armadura de um Motor CC**



**Fonte: CHAPMAN (2013, p.528).**

$$V = E_b + R_a \cdot I_a \quad (4).$$

Onde  $V$  é a tensão aplicada aos terminais,  $E_b$  é a força contra eletromotriz,  $R_a$  a resistência da armadura e  $I_a$  a corrente de armadura. Agora com todas as equações apresentadas, pode-se chegar a seguinte análise: em condições iniciais de partida, o motor tem velocidade angular  $\omega = 0$ , logo:

$$E_b = K_e \cdot \Phi \cdot (0) = 0 \quad (5).$$

Uma vez que a velocidade angular é zero, a força contra eletromotriz é zero também, ou seja, a força que atua contrária ao movimento de giro do motor não existe no momento da partida. Além disso, com  $E_b = 0$ , a equação encontrada pela Lei de Kirchhoff torna-se:

$$V = (0) + R_a \cdot I_a \quad (6).$$

Vale ressaltar que a resistência de armadura de um motor CC é ínfima, devido a eficiência, para não perder energia em forma de calor (Efeito Joule). Então, a corrente no momento da partida é máxima.

$$I_{a,max} = V/R_a \quad (7).$$

Como explicado na equação 8, o torque é diretamente proporcional a corrente de armadura, conclui-se então o porquê motores CC possuem alto torque no momento partida.

$$T_{max} = K \cdot I_{a,max} \quad (8).$$

Embora, o motor CC tenha um torque elevado, em algumas situações, principalmente motores de baixa potência, é necessário ter um torque além do que a parte elétrica entrega. Por isso, são acoplados a motores elétricos redutores de velocidade que consegue modelar a velocidade para fornecer mais torque na ponta do eixo para a carga.

## 2.8 Varais de Teto

Nesta seção serão abordados os varais de tetos existentes no mercado, focando-se em seu funcionamento e valor de compra.

### 2.8.1 Varal de Teto com Cordas e Roldanas Simples

O modelo mais comum e encontrado a venda é mostrado na Figura 10. Varal composto por sistema de roldanas, que distribui a carga em cordas. Seu “controle de nível” é determinado através de nós que o próprio usuário faz na corda de elevação (Figura 11). É possível encontrar versões a partir de R\$ 59,90 até R\$ 345,00 (CASA DOS VARAIS, 2025), no momento da pesquisa. O que varia entre as versões é a quantidade, tamanho e material das varetas.

**Figura 10 - Varal de Teto com Cordas e Roldanas Simples**



Fonte: Autoria própria.

Figura 11 - Nós



Fonte: Autoria própria.

Sua vantagem, em relação aos demais modelos pesquisados, é ser financeiramente o mais acessível. No entanto, não é ergonomicamente viável para pessoas com sarcopenia e osteoporose, uma vez que para erguer o varal com roupas úmidas (mais pesadas) é necessário exercer um trabalho, mais especificamente, trabalho da força peso ( $W$ ) (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016). Que se pode calcular, a partir da equação abaixo:

$$W = (mr + mv) \cdot g \cdot \Delta h \quad (9).$$

Onde  $mr$  é a massa da roupa,  $mv$  é a massa do varal,  $g$  aceleração da gravidade e  $\Delta h$  o deslocamento vertical do varal.

Ou seja, por conta de possuir apenas roldanas fixas simples, que mudam apenas a direção da força. O usuário deve exercer uma força, praticamente, igual ao peso da massa do conjunto roupa-varal.

#### 2.8.2 Varal de Teto com Cordas e Manivela.

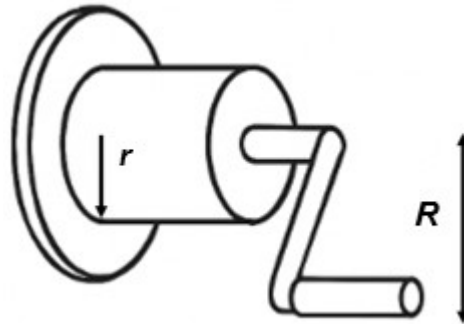
Modelo similar ao citado anteriormente, mas que conta com uma manivela para fazer o controle de nível do varal. Tal acessório auxilia no manuseio, além de possibilitar parar o varal em qualquer nível desejado na trajetória de subida ou descida. Esse modelo evita quedas repentinas do varal, em caso de o usuário não aguentar o peso, diminuindo situações que podem causar lesões no usuário ou avaria

no material. É possível encontrar tal modelo, com a estrutura mais manivela, entre R\$ 269,90 e R\$ 548,90 (EMPÓRIO DOS VARAL, 2025), no momento da pesquisa.

Com a manivela para erguer e abaixar o varal, é possível aliviar o peso que o usuário necessita manusear na tarefa. O que torna tal modelo um pouco mais vantajoso que o tradicional, principalmente para o público alvo desse estudo.

O trabalho da força peso ( $W$ ) realizado ao puxar a corda e movimentar a manivela para erguer um varal é o mesmo, porém a força necessária diminui, já que a distância aumenta. Uma vez que se aplica a força, não no centro onde a corda é enrolada (tambor da manivela -  $r$ ), e sim a uma certa distância, que é o tamanho da manivela (raio da manivela -  $R$ ) (Figura 12). A força aplicada é menor, pois ao girar a manivela exerce-se uma força na extremidade dela, logo gera um torque.

**Figura 12 – Relação Tambor - Manivela**



Fonte: Autoria própria.

Quando dois corpos mecânicos estão acoplados e giram juntos, como é o caso do eixo do tambor e da manivela, de acordo com Hibbeler (2010), pode-se igualar os torques ( $T$ ) exercidos em ambos. Então:

$$T_{\text{tambor}} = T_{\text{manivela}} \quad (10).$$

$$F_{\text{tambor}} \cdot r = F_{\text{manivela}} \cdot R \quad (11).$$

$$F_{\text{tambor}} = (mr + mv) \cdot g \quad (12).$$

Substituindo:

$$F_{\text{manivela}} = (mr + mv) \cdot g \cdot \frac{r}{R} \quad (13).$$

Como, comumente, o raio do tambor ( $r$ ) é menor que raio da manivela ( $R$ ), logo a relação  $(\frac{r}{R}) < 1$ , consequentemente a força a ser aplicada em uma manivela é menor. No entanto, a distância percorrida pela nossa mão ao girar uma manivela é proporcionalmente maior, uma vez que o tambor percorre  $2\pi r$  e a nossa mão  $2\pi R$ .

### 2.8.3 Elevador de Varal

O objeto de estudo desse trabalho é o elevador de varal (Figura 13), é pouco conhecido e encontra-se a venda, principalmente, em lojas específicas de varais. Tais fatos, juntamente com os componentes que ele possui, tornam esse modelo o mais caro dentre os citados. Em sites especializados é possível encontrar unidades a partir de R\$1.000,00 (KUSER VARAL, 2025), no momento da pesquisa. Em termos funcionais e de acessibilidade é o mais vantajoso, uma vez que não é necessário exercer força como no modelo de cordas e roldanas nem fazer o movimento de giro como no modelo com manivela. Devido a isso, o elevador de varal torna-se acessível, não apenas para idosos, mas também para pessoas com outros tipos de mobilidade reduzida.

**Figura 13 - Elevador de Varal**



**Fonte: Autoria própria.**

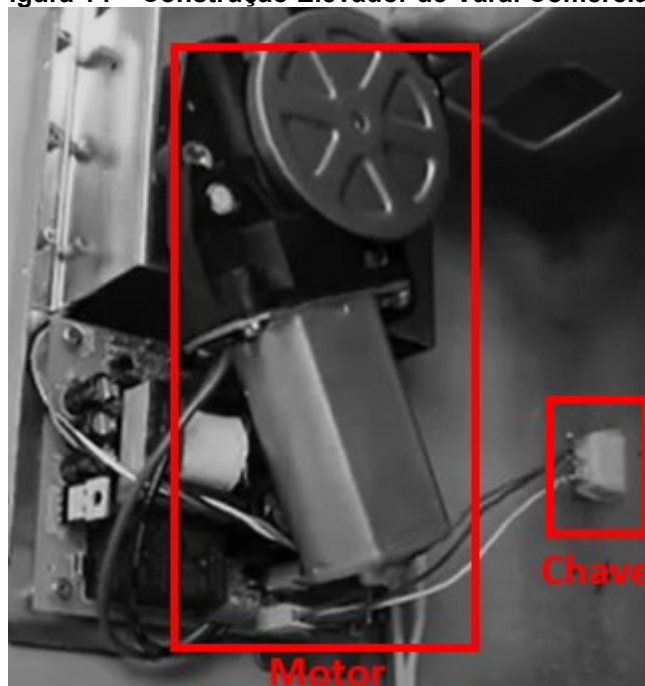
### 3 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

#### 3.1 Elevador de Varal Comercial

Antes de iniciar o desenvolvimento do protótipo foi realizado uma Pesquisa de Concorrência, a qual visa analisar e comparar empresas do mesmo ramo. No caso do atual trabalho foi a análise e comparação de um produto, o Elevador de Varal. Para isso foram listadas algumas empresas que comercializam tal dispositivo e definido os critérios de análise e comparação, os quais foram: preço, funcionalidade, arquitetura construtiva e modo de instalação. Tal pesquisa foi realizada através da internet, no site das empresas listadas, e também presencialmente em lojas físicas especializadas em varais. Dessa forma, foi possível compreender como são construídos os elevadores de varais já existentes disponíveis no mercado.

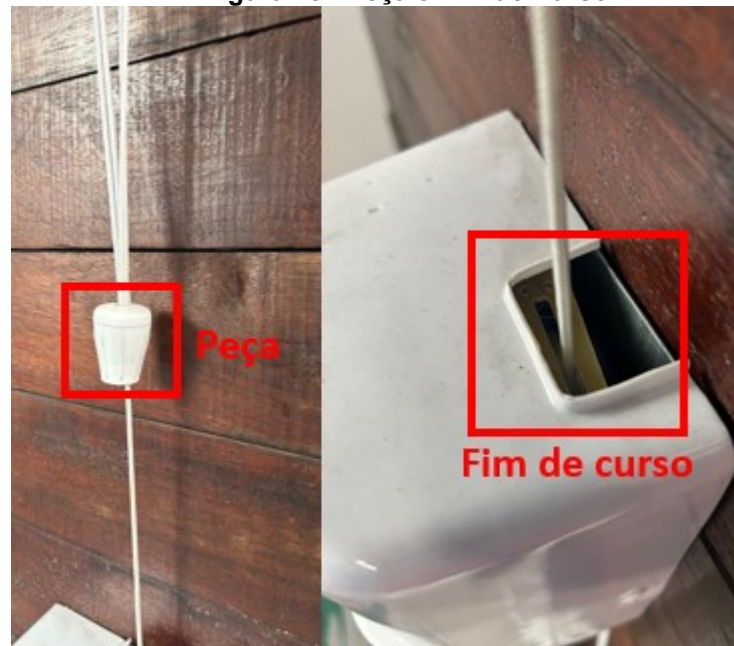
De maneira geral, é um motor *Brushless* DC com um fim de curso (Figura 14), o qual é acionado por uma peça de acrílico (Figura 15) e desenergiza o motor no momento que o varal alcança a altura máxima no movimento de subida do varal. Ao posicionar o botão chave gangorra na posição oposta, o motor é energizado e rotaciona no sentido contrário, o que libera o fim de curso e permite também a descida do varal até o limite da corda, ou até o botão chave gangorra estar na posição *off*.

Figura 14 – Construção Elevador de Varal Comercial



Fonte: Autoria própria.

**Figura 15 - Peça e Fim de Curso**



Fonte: Autoria própria.

### **3.2 Materiais e Métodos**

O ponto de partida para o desenvolvimento do protótipo foi definir um motor com um torque adequado para a funcionalidade proposta e com baixo custo. A partir da definição do motor, foi definido e desenvolvido o restante do circuito do protótipo, como: fonte, microcontrolador, circuito eletrônico para integração etc.

#### **3.2.1 Motorreductor**

Primeiramente, o motorreductor de corrente contínua é uma escolha fundamental para o protótipo devido o restante dos equipamentos que são utilizados, principalmente por conta do microcontrolador. Mas a escolha não se resume a apenas isso, o motor CC juntamente com um redutor possuem capacidade de fornecer alto torque no momento da partida, indispensável para a aplicação do projeto, além de simplicidade em seu controle e acionamento.

##### **3.2.1.1A Escolha do Motorreductor**

Como o foco principal do trabalho está na construção de um protótipo de baixo custo, a maneira para definir o elemento principal, o motor, foi realizar uma pesquisa



de mercado com ênfase no preço, afim de encontrar o motor com o melhor custo benefício.

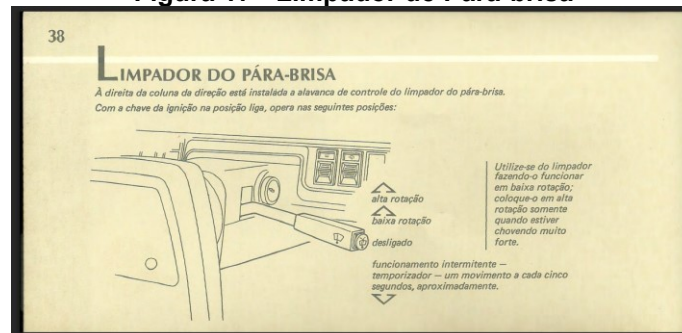
Primeiramente, foi testado um motor (motorreductor) de para-brisa de automóvel, o qual foi adquirido no valor de R\$70,00, mais especificamente o modelo: Motorcraft Wapsa LP-B-33 (Figura 16). A marca Motorcraft faz parte do Grupo Ford, a partir da Motorcraft é comercializado peças que compõe diferentes modelos de veículo da marca. Tal motor de para-brisa foi utilizado em modelos já descontinuados, como Ford Del Rey e Ford Belina, por conta disso, não foi encontrado referencias específicas desse modelo, apenas o modo de utilização do limpador no Manual do Proprietário do modelo Del Rey (Figura 17).

**Figura 16 - Motorcraft Wapsa LP-B-33**



**Fonte: Autoria própria.**

**Figura 17 - Limpador de Para-brisa**



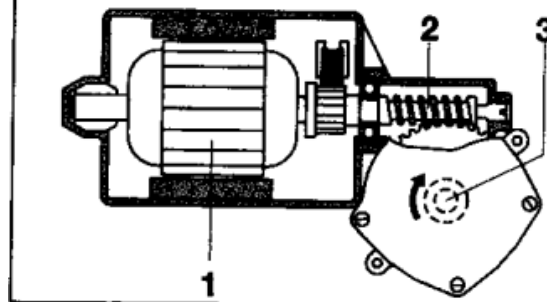
**Fonte: FORD (1987, p.38).**

Uma vez não encontrado, optou-se pela utilização de uma enciclopédia automotiva, o Manual de Tecnologia Automotiva da BOSCH, devido à grande parte das peças serem comuns a diferentes modelos de carro. Ao consultar o documento, confirmou-se que o motor presente no Manual era do mesmo tipo do adquirido para a construção do protótipo (Figura 18). O motor, para o acionamento do limpador de para-brisa, é o de corrente contínua com ímã permanente. Tal tipo de motor é ideal por conta do seu alto torque de partida, uma vez que é necessário vencer inércia, atrito da palheta com o vidro e condições climáticas, no caso do sistema de limpador. Logo,

sem dados específicos do motor, pensou-se que esse modelo atenderia a funcionalidade do trabalho.

**Figura 18 - Desenho Motor de Para-brisa**  
**Motor da palheta com engrenagem helicoidal**

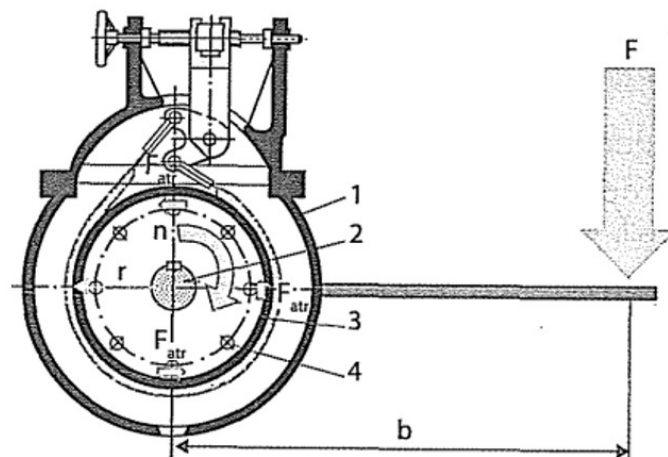
1 Motor de corrente contínua com ímã permanente, 2 Engrenagem helicoidal, 3 Ponta do eixo.



Fonte: BOSCH (2005, p.950).

No entanto, antes de seguir com o desenvolvimento do protótipo, foi realizado um teste afim de estimar o torque do motor adquirido. O teste realizado denomina-se Freio de Prony. O dispositivo que nomeou o teste foi desenvolvido por um engenheiro francês de mesmo nome. O procedimento seria frear o rotor do motor, apertando uma cinta sobre ele, o que produziria uma força de atrito ( $F_{atr}$ ). Logo, isso ocasionaria um situação de equilíbrio dinâmico com velocidade angular ( $\omega$ ) constante. Dessa forma, o torque produzido pelo motor é equilibrado pelo torque ( $T$ ) resistente, produzido pela força de atrito na superfície onde o freio é aplicado (BRUNETTI, 2012).

**Figura 19 – Freio de Prony**



1. Carcaça pendular; 2. Eixo motor/dinamômetro; 3. Cinta de frenagem; 4. Volante.

Fonte: BRUNETTI (2012, p.161).

Logo:

$$T = F_{atr} \cdot r \quad (14).$$

Mesmo a força de atrito sendo aplicada em sentido contrário ao movimento do rotor, o freio tenderia a rotacionar em sentido igual ao rotor, no entanto isso não acontece devido ao apoio feito pelo “braço” ( $b$ ) e equilibrado pela força ( $F$ ) (BRUNETTI, 2012).

Portanto:

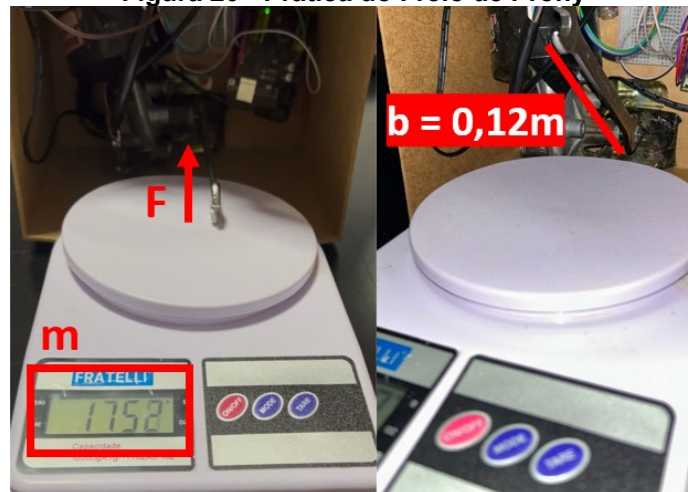
$$F \cdot b = F_{atr} \cdot r \quad (15).$$

Conclui-se que:

$$T = F \cdot b \quad (16).$$

Na prática, a força ( $F$ ) será o peso que a balança irá registrar e  $b$  será a haste que pressionará a balança, como na Figura 20. A partir dos dados da Figura 20 pode-se calcular o torque estimado do motor Motorcraft Wapsa LP-B-33.

Figura 20 - Prática do Freio de Prony



Fonte: Autoria própria.

$$T = (m \cdot g) \cdot b \quad (17).$$

$$T = (1,752kg \cdot 9,81m/s^2) \cdot 0,12m \quad (18).$$

$$T = 2,06 Nm \quad (19).$$

A partir do cálculo feito para encontrar o torque estimado do modelo Motorcraft Wapsa LP-B-33, é perceptível apenas pela massa registrada na balança que tal modelo não é adequado para o projeto, pois a maioria dos varais de teto suportam entre 9 kg a 15 kg de roupa úmida.

Então, foi necessário buscar um outro modelo que atendesse a carga e que possuisse um preço competitivo. Assim, o modelo encontrado e com melhor custo



3.2.2 Placa BlackBoard UNO R3

A placa escolhida foi a BlackBoard UNO R3, tal placa é similar a uma placa Arduino UNO R3, com a diferença de ser confeccionada no Brasil pela empresa RoboCore e possuir algumas melhorias pelo mesmo valor de uma chinesa ou italiana. O ponto forte em relação a uma placa comum, é o fato de a BlackBoard possuir um acesso direto ao microcontrolador ATmega328 via conector para gravação externa próxima ao conector de USB da placa, assim caso o conversor USB Serial queime ou esteja com o funcionamento comprometido, tem a opção de continuar fazendo o upload de programas via conversor USB-Serial externo, não sendo necessário desprezar a placa como ocorreria com uma chinesa ou italiana. Outro ponto a destacar em relação a uma placa comum é o fato de possuir um chip mais robusto e confiável da Silicon Labs, que facilita a comunicação da placa com diversos sistemas operacionais (ROBOCORE, 2025). No momento da aquisição a BlackBoard UNO R3 custou R\$56,90. Além da melhoria citada, tal placa foi escolhida devido sua arquitetura de código aberta, sendo baseada em C/C++, escrita de código simples via Arduino IDE, custo baixo e ampla documentação oficial e em comunidades.

Suas especificações encontram-se na Tabela 1:

**Tabela 1 - Especificações Placa BlackBoard UNO R3**

Especificação	Valor
Dimensões	68 x 53 x 10 mm
Microcontrolador	ATmega328P SMD
Memória Flash	32 KB (0,5 KB usados pelo bootloader)
Memória SRAM	2 KB
Memória EEPROM	1 KB
Frequência de Clock	16 MHz
Protocolos de Comunicação	UART, SPI, TWI (I2C)
Temperatura de Operação	10°C a 60°C
Tensão de Operação	5 V
Tensão de Alimentação	7 a 12 V
Pinos de Entrada/Saída (I/O)	22
Entradas Analógicas	8 (A0 a A7)
Saídas PWM	6 (D3, D5, D6, D9, D10 e D11)
Corrente Máxima por Pino I/O	40 mA
Corrente Máxima no Pino de 3,3 V	200 mA

**Fonte: Adaptado de (ROBOCORE, 2025).**

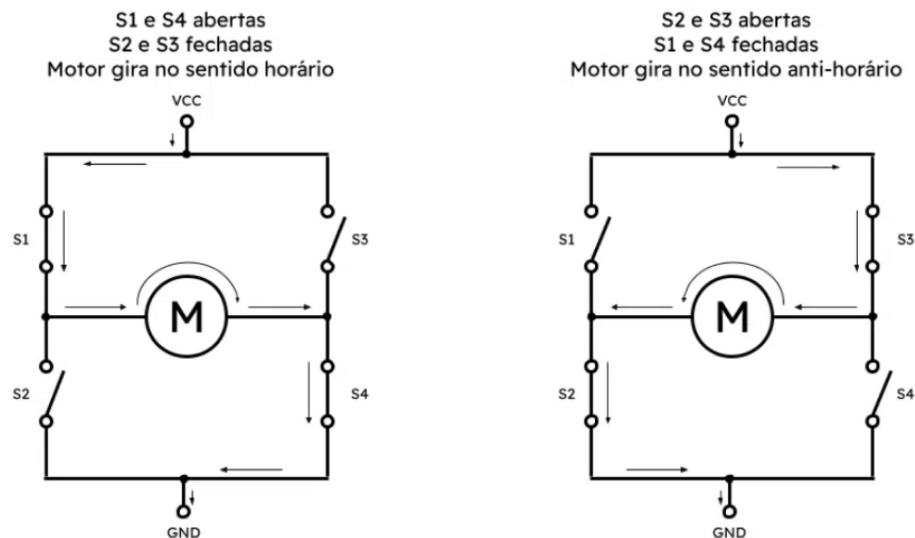
Destaca-se seus 32 KB de memória flash, capaz de armazenar a rotina de acionamento, comunicação e leitura dos sensores fins de curso da aplicação. Seus

22 pinos de entrada/saída (sendo 8 entradas analógicas e 6 saídas digitais PWM) são suficientes para comunicação de todos os componentes e periféricos do projeto. Além da sua tensão de alimentação ser entre 7 V e 12 V (via conector Jack P4), o que pode reduzir os componentes utilizados, uma vez que não foi necessário ter um regulador de tensão externo entre a fonte 12 V e a placa.

### 3.2.3 Ponte H IBT-2

Uma Ponte H é um módulo classificado como um conversor CC-CC de ponte completa, capaz de modular a tensão de saída e assim controlar a polaridade e a magnitude da mesma (MOHAN et al., 2003). Em outras palavras é um circuito eletrônico utilizado para controlar velocidade e sentido de giro de um motor CC. Seu nome deve-se ao esquemático em formato de H, o qual possibilita através da combinação dos transistores fechados, a fluidez da corrente em dois sentidos diferentes (horário e anti-horário) (Figura 23).

**Figura 23 - Sentido da Corrente**



**Fonte: MAKERHERO (2025).**

A Figura 23 exemplifica o controle de giro do motor. Mas além disso, com a Ponte H é possível controlar a velocidade, através de sinais PWM, no entanto como no trabalho atual a modulação da velocidade não é fundamental, será utilizado apenas sinais *HIGH* e *LOW*.

A Ponte H escolhida foi a IBT-2 ou Ponte H com dois chips BTS 7960B da Infineon Technologies, devido sua máxima corrente nominal, 43 A, superior a máxima

corrente do Motorreductor 100502112. Tal ponte foi adquirida por conta de suas principais especificações, as quais se encontram na Tabela 2:

<b>Tabela 2 - Especificações Ponte H IBT-2</b>	
<b>Especificação</b>	<b>Valor</b>
Capacidade PWM	Até 25 kHz
Corrente de Pico	43 Amperes
Driver	Configuração de Ponte H Dupla BTS7960
Nível de Entrada de Controle	3,3V – 5V
Modo de Controle	PWM ou Nível Lógico (level)
Ciclo de Trabalho (Duty Cycle)	0% – 100%
Proteção contra Sobretensão	Bloqueio (Over-voltage Lock Out)
Proteção contra Subtensão	Desligamento (Under-voltage Shut Down)
Dimensões da Placa (C x L x A)	50 mm x 50 mm x 43 mm
Peso	66 g

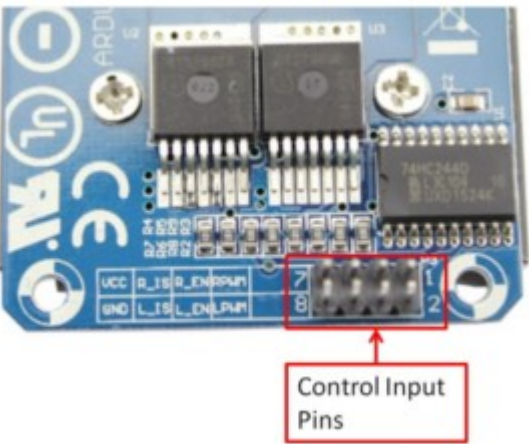
**Fonte: Adaptado de INFINEON TECHNOLOGIES (2004).**

O esquemático de ligação da Ponte H IBT-2 encontra-se entre as Tabela 3 e Tabela 4 e Figura 24 e Figura 25.

<b>Tabela 3 - Esquemático de Ligação (Controle)</b>		
<b>Pino (N°)</b>	<b>Função</b>	<b>Descrição</b>
1	PWM/Nível de Frente	Sinal de controle para o giro no sentido Frente. Pode ser um sinal PWM (para velocidade) ou um nível lógico HIGH (para ON/OFF). Ativo em nível alto.
2	PWM/Nível de Reverso	Sinal de controle para o giro no sentido Reverso. Pode ser PWM ou nível lógico HIGH. Ativo em nível alto.
3	Habilitação de Frente	Habilita o driver para o sentido Frente. Ativo em nível alto, desabilita em nível baixo.
4	Habilitação de Reverso	Habilita o driver para o sentido Reverso. Ativo em nível alto, desabilita em nível baixo.
5	Saída de Alarme (Frente)	Saída de alarme/detecção de corrente para o sentido Frente.
6	Saída de Alarme (Reverso)	Saída de alarme/detecção de corrente para o sentido Reverso.
7	Alimentação Vcc (+5V)	Fonte de alimentação de +5V para a lógica do microcontrolador (pode ser conectado ao 5V do Arduino).
8	Terra	Terra/GND da fonte de alimentação da lógica do microcontrolador.

**Fonte: Adaptado de HANDSONTEC (2025).**

Figura 24 - Pinos de Entradas de Controle



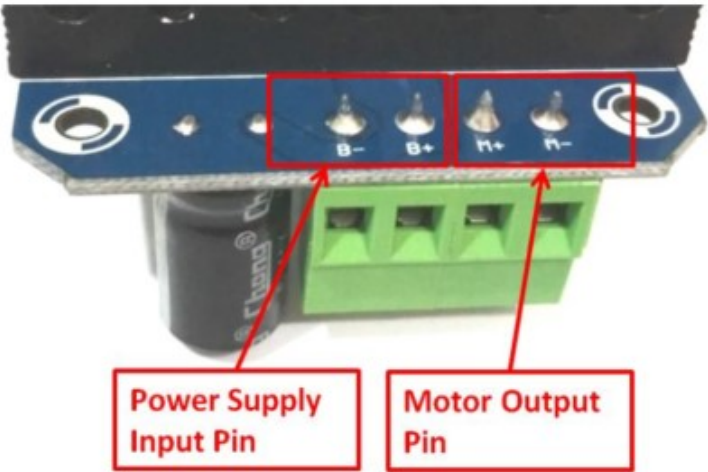
Fonte: GUIA DO USUÁRIO HANDSONTEC (2025, p.3).

Tabela 4 - Esquemático de Alimentação

Pino (Nº)	Função	Descrição
1	Alimentação Positiva do Motor	Ponto de conexão para o polo positivo da fonte de alimentação do motor (6V – 27V).
2	Alimentação Negativa do Motor	Ponto de conexão para o polo negativo da fonte de alimentação do motor (GND).
3	Saída do Motor +	Saída de potência para o terminal positivo do motor.
4	Saída do Motor -	Saída de potência para o terminal negativo do motor.

Fonte: Adaptado de HANDSONTEC (2025).

Figura 25 - Pinos de Entrada/Saída Alimentação



Fonte: GUIA DO USUÁRIO HANDSONTEC (2025, p.4).

3.2.4 Fonte Chaveada 12 V

A alimentação do projeto foi realizada através de um fonte chaveada do tipo colmeia. Tal fonte faz a conversão CA-CC para a alimentação correta tanto do motor quanto do microcontrolador. Devido a limitação de tensão máxima da placa BlackBoard UNO R3 e Motorreductor 100502112, a fonte escolhida foi a Fonte 12 V da



MGC 360 W, suas especificações encontram-se na Tabela 5. Vale destacar além da tensão de saída de 12 V, a corrente máxima de 30 A, ou seja, a fonte pode entregar suficientemente corrente para o motor em caso de pico (23 A).

**Tabela 5 - Especificações Fonte Chaveada 12 V**

<b>Especificação</b>	<b>Valor</b>
Tensão de Entrada	100 – 250 V AC
Tensão de Saída	12 V DC
Corrente de Saída Máxima	30 A (máxima)
Corrente de Saída	20 A
Potência	360 W (máxima)
Frequência de Operação	50 Hz a 60 Hz
Saída	Negativo e Positivo
Conexões	Através de bornes
Material da Carcaça	Alumínio
Dimensões (A x L x C)	4,9 cm (A) x 11,4 cm (L) x 21,6 cm (C)

**Fonte: Adaptado de MEGAACE (2025).**

### 3.2.5 Sensores e Elementos de Interação

Por fim, os últimos componentes utilizados na parte de acionamento e controle do protótipo, foram dois botões e duas chaves fim de curso. Os botões são do tipo *Pushbuttons* normalmente aberto (NA), e serve de interface com o usuário, um para elevar o varal outro para abaixar. Já as chaves fim de curso servem como controle de posição e segurança do varal e são acionadas via impacto.

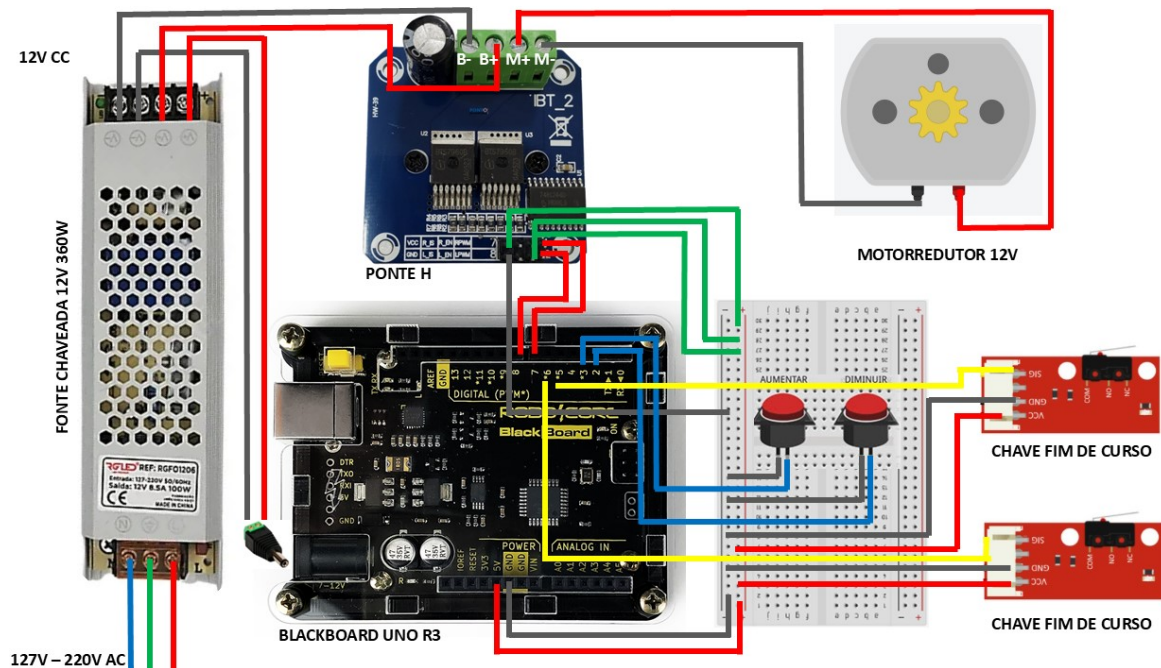
## 3.3 Modelagem do Protótipo

O projeto foi modelado em duas frentes, uma com foco no circuito eletrônico e lógica da programação e outra com foco na parte mecânica, como o desenvolvimento do espaço que a corda será enrolada ou desenrolada.

### 3.3.1 Desenvolvimento do Circuito Eletrônico e Lógica da Programação

A Figura 26 ilustra a arquitetura geral do protótipo, destacando as conexões entre Fonte Chaveada 12 V, Placa BlackBoard UNO R3, Ponte H IBT-2, Motorreductor 100502112, chaves fim de curso e botões de interação com o usuário.

Figura 26 - Diagrama de Ligação



Fonte: Autoria Própria.

Após a montagem do circuito eletrônico, foi feita a lógica de programação através da plataforma Arduino IDE, o código com os comentários entram-se entre as Listagem 1 a Listagem 5, abaixo.

## Listagem 1 - Definição dos Pinos

```

1 // DEFINIÇÃO DOS PINOS DO PROTÓTIPO
2 const int pinoMotorIN1 = 7; // Controle por nível motor direção 1
3 const int pinoMotorIN2 = 8; // Controle por nível motor direção 2
4 const int pinoBotaoSobe = 2; // Botão para elevar o varal
5 const int pinoBotaoDesce = 3; // Botão para abaixar o varal
6 const int pinoSensorFimCursoSobe = 5; // Fim de curso p/ parar o motor
  na subida
7 const int pinoSensorFimCursoDesce = 6; // Fim de curso p/ parar o
  motor na descida

```

Fonte: Implementação Própria.

### Listagem 2 - Inicialização das Entradas e Saídas

```

1 // INICIALIZAÇÃO DAS ENTRADAS E SAÍDAS
2 void setup() {
3     // Configura os pinos do motor como saída
4     pinMode(pinoMotorIN1, OUTPUT);
5     pinMode(pinoMotorIN2, OUTPUT);
6     // Configura os pinos dos botões e sensores como entrada
7     // Usando INPUT_PULLUP retorna HIGH quando o botão não está
pressionado
8     pinMode(pinoBotaoSobe, INPUT_PULLUP);
9     pinMode(pinoBotaoDesce, INPUT_PULLUP);
10    // Para contatos NF dos sensores de fim de curso:
11    // *O estado NÃO ACIONADO (sensor não acionado) é LOW.
12    // *O estado ACIONADO (sensor impactado) é HIGH.
13    pinMode(pinoSensorFimCursoSobe, INPUT_PULLUP);
14    pinMode(pinoSensorFimCursoDesce, INPUT_PULLUP);
15    // Inicializa (t=0) com motor parado
16    pararMotor();
17 }

```

Fonte: Implementação Própria.

### Listagem 3 - Loop Principal (Definição de Nível)

```

1 // LOOP PRINCIPAL
2 // Leitura de botões e a lógica de segurança dos sensores
3 // Quando o sensor de descida está acionado o botão de descer não
funciona e vice-versa
4 void loop() {
5     // Leitura dos botões (o botão é pressionado quando a leitura é
LOW)
6     bool botaoSobePressionado = digitalRead(pinoBotaoSobe) == LOW;
7     bool botaoDescePressionado = digitalRead(pinoBotaoDesce) == LOW;
8     // Leitura dos sensores (o sensor é ativado quando a leitura é
HIGH - Conexão NC)
9     bool sensorSobeAtivado = digitalRead(pinoSensorFimCursoSobe) ==
HIGH;
10    bool sensorDesceAtivado = digitalRead(pinoSensorFimCursoDesce)
== HIGH;

```

Fonte: Implementação Própria.

#### Listagem 4 - Loop Principal (Condições de Funcionamento)

```

1  // 1. Condição de Subida:
2  // Se o botão de SUBIR for pressionado E o sensor superior NÃO
   estiver ACIONADO
3      if (botaoSobePressionado && !sensorSobeAtivado) {
4          subirMotor(); // varal sobe
5      }
6  // 2. Condição de Descida:
7  // Se o botão de DESCER for pressionado E o sensor inferior NÃO
   estiver ACIONADO
8      else if (botaoDescePressionado && !sensorDesceAtivado) {
9          descerMotor(); // varal desce
10     }
11 // 3. Condição de Parada:
12 // Se nenhuma das condições acima for verdadeira (botão solto ou
   sensor de fim de curso atingido)
13     else {
14         pararMotor();
15     }
16 }

```

Fonte: Implementação Própria.

#### Listagem 5 - Definição das Funções de Controle do Motor

```

1  // FUNÇÕES DE CONTROLE DO MOTOR
2  void subirMotor() {
3      // Garante que o sentido oposto está desligado (freio dinâmico ou
   LOW)
4      digitalWrite(pinoMotorIN2, LOW);
5      // Liga o motor no sentido de subida
6      digitalWrite(pinoMotorIN1, HIGH);
7  }
8  void descerMotor() {
9      // Garante que o sentido oposto está desligado (freio dinâmico ou
   LOW)
10     digitalWrite(pinoMotorIN1, LOW);
11     // Liga o motor no sentido de descida
12     digitalWrite(pinoMotorIN2, HIGH);
13 }
14 void pararMotor() {
15     // Desliga ambos os pinos para parar o motor
16     digitalWrite(pinoMotorIN1, LOW);
17     digitalWrite(pinoMotorIN2, LOW);
18 }

```

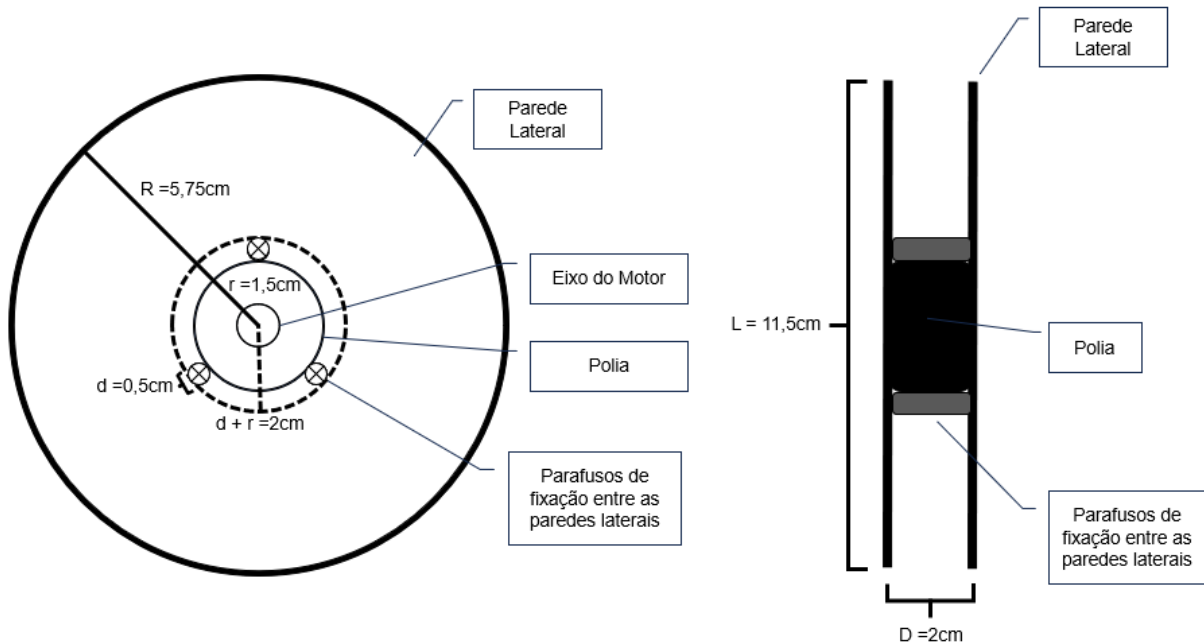
Fonte: Implementação Própria.

### 3.3.2 Desenvolvimento do “Carretel”

A fim de não precisar ter um gasto extra com serviço de usinagem, solda ou retifica. O carretel foi desenvolvido com uma polia e peças em madeira, uma espécie de carretel para acoplar ao eixo do Motorreductor. Tal carretel foi desenvolvido com tambor estreito e de raio curto, mas com suas paredes laterais largas para enrolar a corda com segurança, sem problema de volta solta. Com a definição do raio do tambor, como citado na subseção 3.2.1.1, é possível calcular a carga máxima que o

motorreductor é capaz de erguer. Na Figura 27 é possível ver a montagem e medidas do carretel, com tais medidas será calculado a maior massa que o motorreductor consegue elevar.

**Figura 27 - Medidas do Carretel**



**Fonte: Autoria Própria.**

Para tornar o projeto mais simples e barato, não foi considerado um sistema de espalhamento para uma acomodação da corda. Para contornar um possível problema com o espalhamento da corda, foi feito um carretel estreito ( $D = 2\text{cm}$ ), raio de tambor curto ( $d + r = 2\text{cm}$ ) e com paredes laterais largas ( $L = 11,5\text{cm}$ ), dessa forma garante-se que toda a metragem da corda ficará acomodada dentro do carretel.

### 3.3.2.1 Cálculo da Carga Máxima

Para calcular o torque da aplicação deve-se utilizar duas equações, uma para o instante  $t = 0$  e outra no decorrer do movimento.

A primeira equação utilizada é no momento o qual o motor está parado ( $t = 0$ ). No momento da partida, há a incidência de uma aceleração, dessa forma o torque é encontrado a partir da Equação de Euler, onde  $T$  é o torque,  $I$  é o momento de inércia e  $\alpha$  é a aceleração angular.

$$T = I \cdot \alpha \quad (20).$$

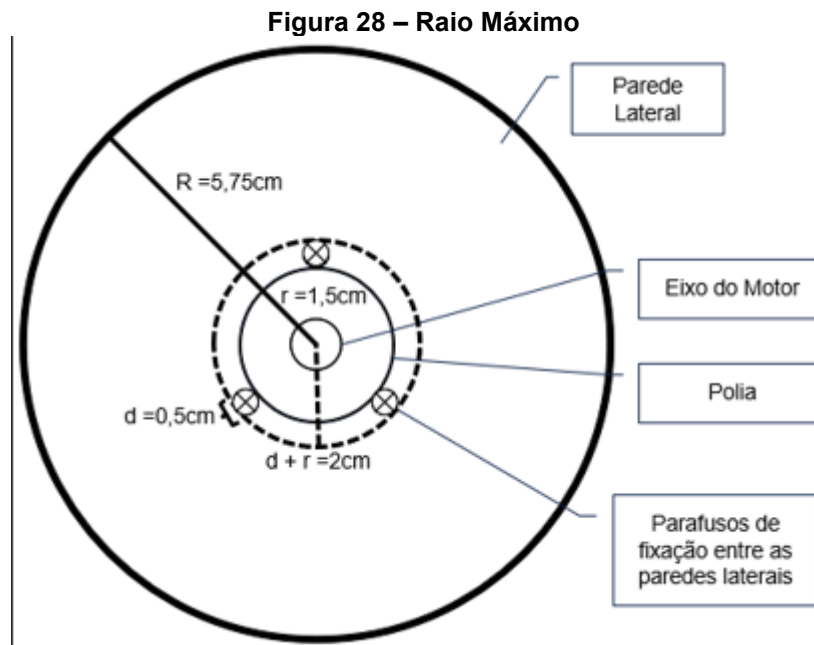
No entanto, o torque de partida não é uma questão, uma vez que para essa especificação o Motorreductor 100502112 possui 49 Nm de magnitude.

A segunda equação é necessária à sua utilização, pois após o instante  $t = 0$ , a aceleração angular é zero, então o torque é calculado a partir da seguinte equação:

$$T = F \cdot R \quad (21).$$

Onde o torque exercido pelo motor é igual ao torque resistivo, ou em outras palavras o torque da carga.

Antes de fazer o cálculo da carga máxima suportada pelo Motorreductor, é necessário definir a pior situação de torque, ou seja, o momento que o torque necessário será maior. Para isso considerou-se que toda a extensão da corda foi enrolada uma volta em cima da outra, que no caso da aplicação coincide com o raio máximo do carretel ( $R$ ), o qual consta na Figura 28.



Fonte: Autoria Própria.

Levando em consideração que o torque ( $T$ ) é:

$$T = F \cdot R \quad (22).$$

E reorganizando a equação em função da massa.

$$T_{motorreductor} = (m \cdot g) \cdot R \quad (23).$$

$$8N = \left(m \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}\right) \cdot 0,0575 m \quad (24).$$

$$8 = 0,564075 \cdot m \quad (25).$$

$$m = 8/0,564075 \quad (26).$$

$$m = 14,18 kg \quad (27).$$

A massa encontrada a partir do cálculo acima é de  $m = 14,18 \text{ kg}$ . No entanto, deve-se adotar um fator de segurança, que para aplicações pequenas não há nenhuma recomendação ou norma da NBR. Dessa forma, foi utilizado um margem de segurança ligado a perda de resistência em cordas de nylon quando úmidas, que é de 15% (DURACORDIX, 2025). Assim, a carga máxima suportada de forma segura ( $m$ ) pelo protótipo é:

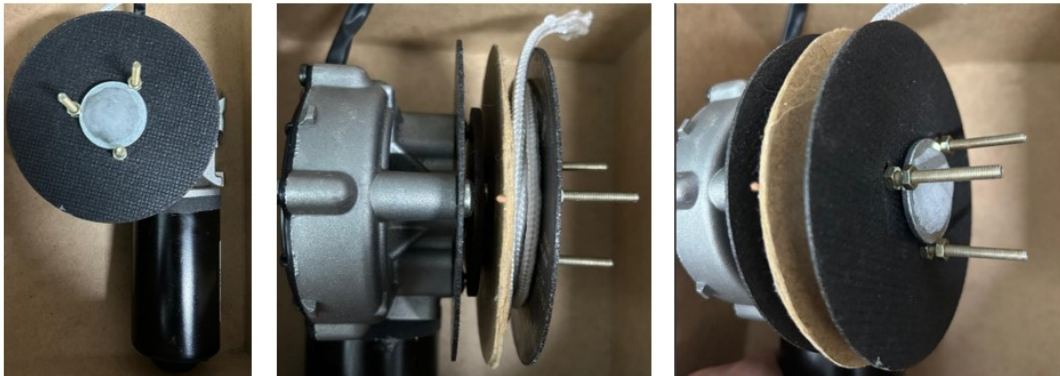
$$m = (1 - 0.15) \cdot 14,18 \text{ kg} \quad (28).$$

$$m = 12,053 \text{ kg} \quad (29).$$

### 3.4 Implementação do Protótipo

Após definição dos melhores materiais, os quais atendem-se a aplicação com custo benefício favorável e modelagem do protótipo, seguindo principalmente o *datasheet* dos componentes, foi possível realizar a implementação prática do protótipo.

A primeira questão deparada foi em que estrutura montar o protótipo. Primeiramente, se foi atrás de materiais similares utilizados em aplicações citadas na subseção Varais de Teto. No entanto, tais materiais como acrílico e plástico, tem um valor elevado quando não adquirido em grandes quantidades. Logo, a saída foi a utilização de uma caixa em mdf, por conta de ter um valor acessível, ser de fácil furação, além de servir como uma barreira contra leves respingos de água e poeira. A caixa possui 30 cm de comprimento por 20 cm de largura e 15 cm de altura. A montagem na caixa foi realizada para deixar o mais organizado possível e com um espaço seguro para o giro do carretel sem correr o risco de romper nenhuma conexão da parte do *hardware*. Já a parte da montagem do Carretel para ser acoplado ao eixo do motor seguiu à risca como ilustrado na Figura 27 da Subseção 3.3.2. Nas Figura 29 e Figura 30, é possível ver com mais detalhe a montagem e acoplamento do carretel, além da disposição dos componentes e equipamentos na caixa de mdf.

**Figura 29 - Montagem do Carretel**

Fonte: Autoria Própria.

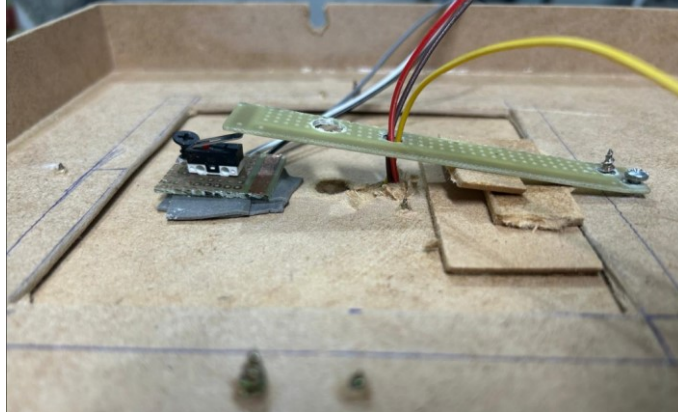
**Figura 30 – Montagem e Disposição dos Equipamentos e Componente**

Fonte: Autoria Própria.

Já a disposição das chaves fim de curso, encontram-se nas Figura 31 e Figura 32. Foi preso uma chave fim de curso na parte de baixo da tampa da caixa, Figura 31, juntamente com uma alavanca. Além disso, foi feito um nó na parte inferior da corda, para quando atingir o limite, esse nó fará o impacto na alavanca que colidirá com a chave fim de curso do movimento de subida. Já na parte superior da tampa foi fixado a chave fim de curso do movimento de descida, Figura 32, e seu funcionamento é similar ao explicado anteriormente.



**Figura 31 - Chave Fim de Curso Movimento de Subida**



**Fonte: Autoria Própria.**

**Figura 32 - Chave Fim de Curso Movimento de Descida**



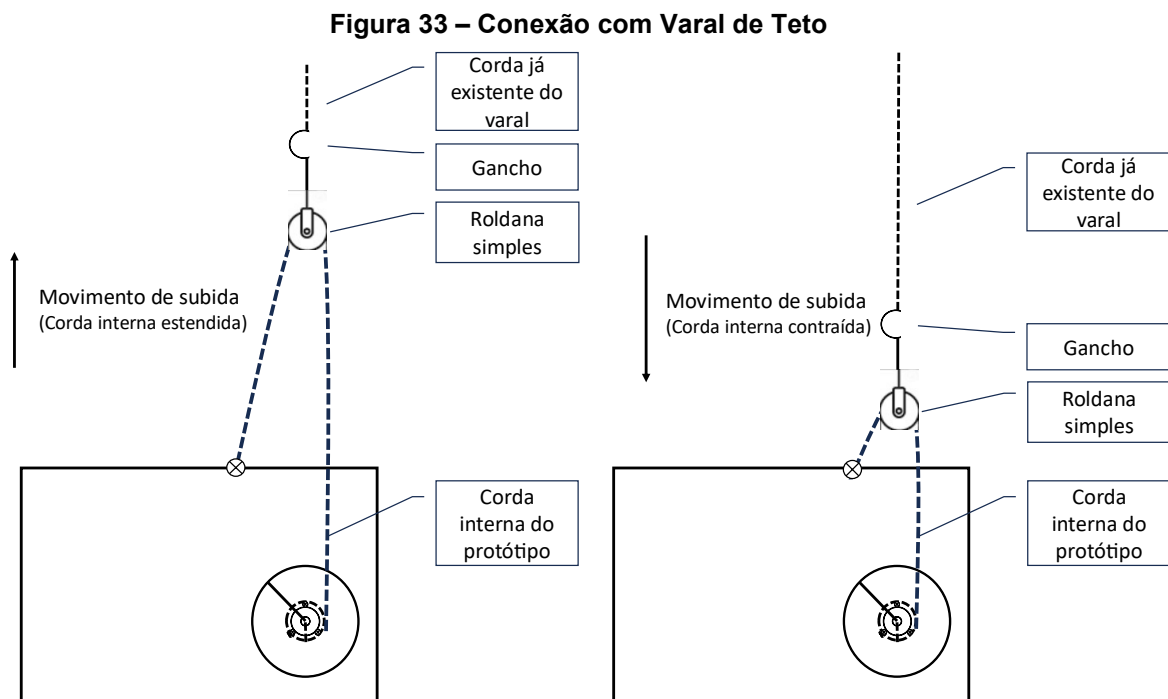
**Fonte: Autoria Própria.**

## 4 RESULTADOS

Este capítulo aborda a conexão do protótipo com um varal de teto e teste de todas as funcionalidades do protótipo. Foi realizado, primeiramente, um teste sem carga no varal para certificar que os botões e as chaves fim de curso estão em pleno funcionamento. Após essa certificação, foi realizado o teste final com carga. Por fim, foi realizada uma análise de custo do protótipo e uma comparação com o dispositivo já existente no mercado.

### 4.1 Conexão com Varal de Teto

Além de ter como foco principal o baixo custo, o protótipo deste trabalho tem o objetivo de ser *plug and play*, ou seja, ser um dispositivo que não precise de grandes mudanças ou adaptações para o uso. Logo, o protótipo pode ser utilizado em qualquer varal de teto já instalado e de forma fácil. Para isso, a corda que faz a função de elevar e abaixar o varal, foi passada por uma roldana simples e a ponta amarrada na estrutura do próprio protótipo. Tal roldana possui um gancho na ponta para prender a corda já existente do varal, como é ilustrado entre as Figura 33 e Figura 35.



Fonte: Autoria Própria.

**Figura 34 – Passagem da Corda na Roldana e Fixação**



Fonte: Autoria Própria.

**Figura 35 – Resultado Fixação Protótipo-Varal**

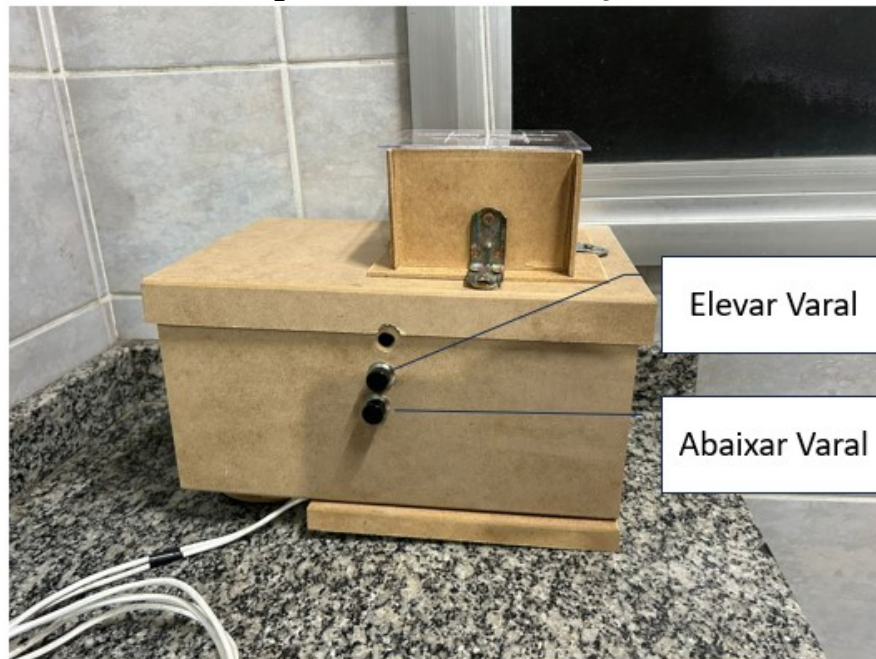


Fonte: Autoria Própria.

## 4.2 Teste sem Carga

Após a conexão do protótipo com o varal de teto instalado, foi o momento de testar sem carga o funcionamento do protótipo. Principalmente para testar se conexões estavam funcionando e se a lógica programada também, as chaves fim de curso encontram-se ilustradas nas Figura 31 e Figura 32 da Subseção 3.3.1 Desenvolvimento do Circuito Eletrônico e Lógica da Programação, já os botões de interação com o usuário são os presentes na Figura 36.

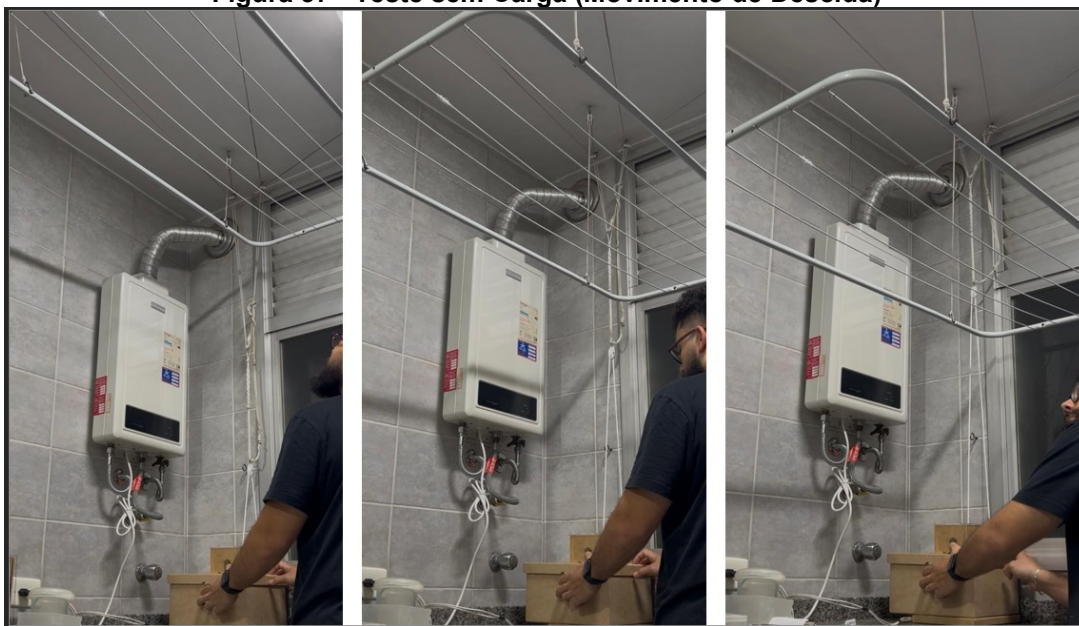
**Figura 36 - Botões de Interação**



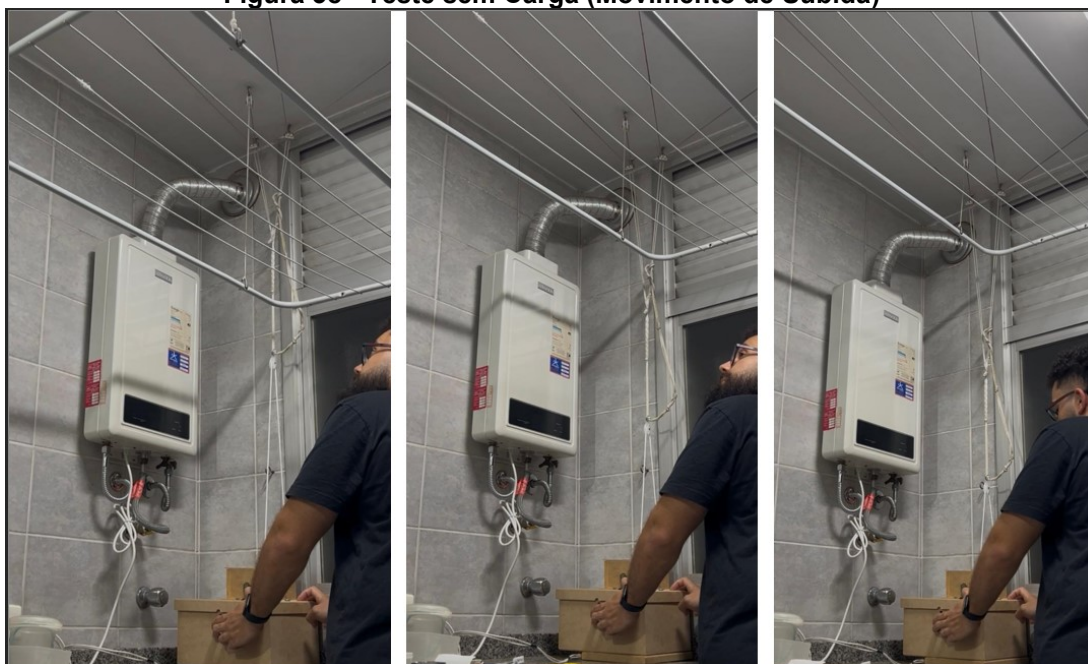
**Fonte: Autoria Própria.**

O botão superior tem como funcionalidade elevar o varal enquanto pressionado, e o inferior, abaixar. As chaves servem para travar o funcionamento dos botões citados em caso de serem acionadas. Esses componentes foram os testados na prática a seguir, a qual é possível visualizar nas Figura 37 e Figura 38.



**Figura 37 - Teste sem Carga (Movimento de Descida)**

Fonte: Autoria Própria.

**Figura 38 - Teste sem Carga (Movimento de Subida)**

Fonte: Autoria Própria.

Foi obtido um bom resultado no teste sem carga. Os botões enquanto pressionados acionaram o motorredutor, realizando o movimento de subida e descida do varal. Já as chaves fim de curso, quando impactadas pararam o movimento do motor e impediram o funcionamento do respectivo botão referente ao movimento. Ou seja, se a chave do movimento de subida foi impactada, o botão para elevar o varal não funcionou e vice-versa.

### 4.3 Teste com Carga

Foi obtido um resultado satisfatório no teste sem carga, com isso foi realizado o teste final do trabalho, o teste com carga.

Como calculado na Subseção 3.3.2.1 Cálculo da Carga Máxima, a maior carga suportada pelo protótipo de forma que a segurança seja garantida é de 12,053 kg. Tentou-se chegar o mais próximo possível do valor suportado pela estrutura do varal e da massa calculada. Dessa forma, antes de serem postas sobre o varal, as peças de roupas foram ensacadas em quatro sacos plásticos e pesadas. Nas Figura 39 a Figura 42 é possível visualizar os quatro sacos com roupas e seus respectivos pesos, que foram utilizados no teste.

**Figura 39 - Saco com Roupa 1**



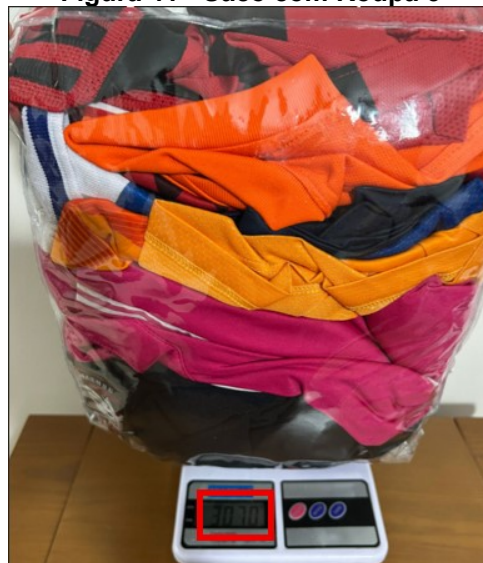
**Fonte: Autoria Própria.**

**Figura 40 - Saco com Roupa 2**



Fonte: Autoria Própria.

**Figura 41 - Saco com Roupa 3**



Fonte: Autoria Própria.

Figura 42 - Saco com Roupa 4



Fonte: Autoria Própria.

De acordo com o manual do fabricante de uma balança similar a utilizada no teste, a balança pode apresentar variação de 1% para mais ou para menos do peso medido (BLACK+DECKER, 2025). Considerando tais valores obteve-se a Tabela 6.

Tabela 6 - Massas Utilizadas

Massa (Kg)	Quantidade	Subtotal
Saco de Roupa 1	1	1,805
Saco de Roupa 2	1	3,063
Saco de Roupa 3	1	3,070
Saco de Roupa 4	1	3,609
Massa total (kg)		11,547
Variação de +1% (kg)		11,662
Variação de -1% (kg)		11,432

Fonte: Autoria Própria.



O teste é demonstrado nas Figura 43 e Figura 44.

**Figura 43 - Teste com Carga (Movimento de Descida)**



**Fonte: Autoria Própria.**

**Figura 44 - Teste com carga (Movimento de Subida)**



**Fonte: Autoria Própria.**

O teste com carga foi realizado com sucesso, validando a funcionalidade e utilização do protótipo. Além disso, durante o teste foi interrompido o fornecimento de energia para o protótipo para testar a confiabilidade e segurança.

O motorreductor utilizado é tipo rosca sem fim, isso implica a ele uma característica de auto travamento, não possibilitando que a ponta do eixo faça o motor girar no sentido contrário, logo não há uma queda do varal com roupas em cima do usuário.

#### 4.4 Análise de Custo do Protótipo

Um dos objetivos principais do trabalho era o desenvolvimento de um protótipo, o qual obteve-se sucesso na confecção e funcionalidade como demonstrado nas subseções anteriores. Outro objetivo é o protótipo ser de baixo custo, na Tabela 7 é possível visualizar o valor total gasto no protótipo desenvolvido.

**Tabela 7 - Custo Materiais**

<b>Materiais</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Subtotal (R\$)</b>
Motorreductor Imobras 100502112	1	269
Placa BlackBoard UNO R3	1	56,9
Ponte H IBT-2	1	24,6
3 metros de Fio 5mm <sup>2</sup>	1	3
Chave Fim de Curso	2	3,8
Botões Arcade	2	10
Kit Jumpers Macho-Macho	1	7,5
Kit Jumpers Macho-Fêmea	1	7,5
Pino Macho Tomada	1	3
Protoboard 400 pontos	1	10
Kit Parafusos de fixação	1	8
Polia de encaixe	1	20
Disco em Madeira	1	15
2,5 metros de Corda de Varal	1	2
Roldana para Varal	1	5
Caixa MDF 30x20x15	1	12
Chapa de Acrílico	1	4,5
<b>Custo Total (\$)</b>		<b>464,8</b>

**Fonte: Autoria Própria.**

##### 4.4.1 Comparações com Soluções de Mercado

A Tabela 8 compara o custo investido no protótipo desenvolvido com os preços individuais e a média dos preços de produtos semelhantes, já existentes a venda. Foi utilizado a mesma metodologia, Pesquisa de Concorrência, da subseção 3.1 Elevador de Varal Comercial. Os preços foram obtidos no e-commerce das lojas listadas, no dia 05 de outubro de 2025.

Tabela 8 - Comparação Protótipo vs. Soluções

Solução	E-commerce	Preço (R\$)	Diferença Solução Vs. Protótipo (+R\$)
Protótipo	-	464,80	-
Motor elétrico para varal tradicional	Starhouse Varais	939,00	474,20
Varal tradicional de teto elétrico	Emporio dos Varais	1453,90	989,10
Motor elétrico para varal tradicional	Estação dos Varais	1000,00	535,20
Manivela para varal de teto elétrica	Casa dos Varais	1062,72	597,92
<b>Média de Preço das Soluções Existentes</b>		1113,91	649,11

Fonte: Autoria Própria.

Como é possível observar, o custo do protótipo ficou em R\$464,80 que situa seu valor 58% abaixo da média de preço das soluções a venda. Ademais, mesmo quando comparada com a solução de menor valor da Starhouse Varais, R\$939,00, o protótipo custou menos da metade do valor. Vale ressaltar que o protótipo realiza a mesma função das soluções citadas, ou seja, o presente trabalho possui um custo inferior e cumpre o mesmo objetivo que soluções a venda.

## 5 CONCLUSÃO

O atual trabalho teve como objetivo, a confecção de um protótipo de baixo custo para elevar e abaixar um varal de teto. Tal desenvolvimento visa proporcionar ao público alvo mais autonomia, uma vez que população idosa está vivendo mais e vivendo mais sozinha. No entanto, o presente trabalho, também, atente a dor de outros públicos além dos idosos, como o público em geral que possui mobilidade reduzida. Logo, o protótipo tem demanda na configuração atual da população brasileira.

A partir dos testes realizados foi possível concluir a viabilidade técnica e funcional do protótipo, possibilitando erguer de forma segura 14 kg de roupa. Ou seja, atende o peso de um ciclo de lavagem de uma máquina de 8 kg, visto que uma roupa centrifugada tem 60% a mais do peso da roupa seco. Além disso, o trabalho se provou viável financeiramente, já que se obteve um valor médio para a confecção do protótipo de 58% menor que as soluções existentes. Vale ressaltar que o protótipo desenvolvido tem uma vantagem sobre as demais soluções, por ser *plug and play*, dado que as soluções existentes ou necessitam a troca de toda a corda do varal instalado ou a venda casada da solução junto com um novo varal.

Embora, os resultados tenham sido satisfatórios e tenham atingido o objetivo do trabalho, alguns pontos ficam como pontos de melhorias para trabalhos futuros. Como explorar as funções bluetooth da placa BlackBoard UNO R3 ou infravermelha via controle, para realizar uma predefinição de diferentes níveis de altura do varal. Ou até mesmo a utilização de um módulo ESP32, que possui conexão Wi-fi para conectar-se a uma assistente virtual, como a Alexa. Na parte estrutural e na configuração do posicionamento dos componentes há possibilidades para a otimização de espaço. Consequentemente, tornando o dispositivo mais portátil e podendo reduzir o custo para aquisição de uma carcaça externa em acrílico, a qual é mais resistente a água e a poeira. Além disso, recomenda-se para trabalhos futuros, mais dedicados a viabilidade econômica e comercial do protótipo, um estudo mais aprofundado do quanto é possível reduzir o custo de R\$464,80, se produzido em larga escala.

Durante o desenvolvimento do trabalho foi possível aplicar conhecimentos adquiridos ao longo de toda a faculdade de Engenharia de Controle e Automação, como Eletrônica Digital, Eletrônica de Potência, Máquinas Elétricas, Mecânica Geral, Física 1, Física 3, etc. Ademais da multidisciplinaridade do trabalho, vale ressaltar que

o trabalho possuiu desafios e dificuldades, os quais estarão presentes na vida de todo o profissional.

## REFERÊNCIAS

A CASA DOS VARAIS. **Manivela para varal de teto elétrica**. [S.l.]: A Casa dos Varais, [s.d.]. Disponível em: <https://acasadosvarais.com.br/produto/manivela-para-varal-de-teto-eletrica/>. Acesso em: 5 out. 2025.

AGÊNCIA ESTADO. **Mais idosos vivem sozinhos no Brasil, revela Censo do IBGE**. UOL, 25 out. 2024b. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/agencia-estado/2024/10/25/mais-idosos-vivem-sozinhos-no-brasil-revela-censo-do-ibge.htm>. Acesso em: 24 jan. 2025.

BLACK+DECKER DO BRASIL LTDA. **Manual de Instruções BC500 – Balança de cozinha com acabamento em inox**. Uberaba, MG: Black&Decker do Brasil Ltda., 2025. p.3.

BRASIL. **Decreto nº 10.094, de 22 de outubro de 2019**. Presidência da República. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2019/decreto/d10094.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/d10094.htm). Acesso em: 24 jan. 2025.

BRASIL. **Decreto nº 10.645, de 21 de maio de 2021a**. Presidência da República. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2021/decreto/d10645.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/decreto/d10645.htm). Acesso em: 24 jan. 2025.

BRASIL. **Expectativa de vida sobe para 76,4 anos no Brasil, após queda durante a pandemia**. Agência Gov, 22 ago. 2024a. Disponível em: <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202408/expectativa-de-vida-sobe-para-76-4-anos-no-brasil-apos-queda-durante-a-pandemia>. Acesso em: 24 nov. 2024.

BRASIL. **Lei nº 10.741, de 1º de outubro de 2003**. Estatuto do Idoso. Diário Oficial da União, Brasília, 2 out. 2003. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2003/l10.741.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/l10.741.htm). Acesso em: 10 fev. 2025.

BRASIL. **Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015**. Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência. Diário Oficial da União, Brasília, 7 jul. 2015. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2015/l13146.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2015/l13146.htm). Acesso em: 10 fev. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Envelhecimento e saúde da pessoa idosa**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2006a. (Cadernos de Atenção Básica - n.º 19). Disponível em: [http://189.28.128.100/dab/docs/publicacoes/-cadernos\\_ab/abcad19.pdf](http://189.28.128.100/dab/docs/publicacoes/-cadernos_ab/abcad19.pdf). Acesso em: 24 nov. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria nº 1.395, de 10 de dezembro de 1999**. Brasília, 1999.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria nº 2.528, de 19 de outubro de 2006**. Brasília, 2006b.

BRASIL. **Plano Nacional de Tecnologia Assistiva (PNTA)**. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2021b. Disponível em: [https://www.gov.br/mcti/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes-mcti/plano-nacional-de-tecnologia-assistiva/pnta\\_-documento\\_web.pdf](https://www.gov.br/mcti/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes-mcti/plano-nacional-de-tecnologia-assistiva/pnta_-documento_web.pdf). Acesso em: 24 jan. 2025.

BRASIL. **Plano Nacional de Tecnologia Assistiva (PNTA)**. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2021c, p. 28. Disponível em: [https://www.gov.br/mcti/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes-mcti/plano-nacional-de-tecnologia-assistiva/pnta\\_-documento\\_web.pdf](https://www.gov.br/mcti/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes-mcti/plano-nacional-de-tecnologia-assistiva/pnta_-documento_web.pdf). Acesso em: 24 jan. 2025.

BRASIL. **Plano Nacional de Tecnologia Assistiva (PNTA)**. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2021d, p. 31. Disponível em: [https://www.gov.br/mcti/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes-mcti/plano-nacional-de-tecnologia-assistiva/pnta\\_-documento\\_web.pdf](https://www.gov.br/mcti/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes-mcti/plano-nacional-de-tecnologia-assistiva/pnta_-documento_web.pdf). Acesso em: 24 jan. 2025.

BOSCH, Robert (Org.). **Manual de tecnologia automotiva**. [S.l.]: [s.n.], 2005.

BROWN, Ward. **Brushless DC Motor Control Made Easy**. P 48. Disponível em: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/appnotes/00857b.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2025.

BRUNETTI, Franco. **Motores de combustão interna**. Volume 1. São Paulo: Blucher, 2012.

CHAPMAN, Stephen J. **Fundamentos de máquinas elétricas**. 5. ed. Tradução de Anatólio Laschuk. Porto Alegre: AMGH, 2013a.

CHAPMAN, Stephen J. **Fundamentos de máquinas elétricas**. 5. ed. Tradução de Anatólio Laschuk. Porto Alegre: AMGH, 2013b.

CIRKIT DESIGNER. **How to Use IBT-2 H-Bridge Motor Driver: Pinouts, Specs, and Examples**. Disponível em: <https://docs.cirkitdesigner.com/component/2097d705-7df9-466d-9fd0-5dc90909a237/ibt-2-h-bridge-motor-driver>. Acesso em: 5 out. 2025.

DIAS EG, Duarte YAO, Almeida MHM, Lebrão ML. **As Atividades Avançadas de Vida Diária como componente da avaliação funcional do idoso**. Rev Ter Ocup Univ São Paulo. p. 225-232. Disponível em: <https://revistas.usp.br/rto/article/view/75910>. Acesso em: 01 fev. 2024.

DURACORDIX. **Corda de poliéster vs. corda de nylon: as diferenças que você precisa saber**. 8 ago. 2025. Disponível em: [https://duracordix.com/pt/corda-de-poliester-vs-corda-de-nylon-as-diferencas-que-voce-precisa-saber/#Loses\\_15\\_Strength](https://duracordix.com/pt/corda-de-poliester-vs-corda-de-nylon-as-diferencas-que-voce-precisa-saber/#Loses_15_Strength). Acesso em: 26 nov. 2025.

EMPÓRIO DOS VARAIS. **Varal tradicional de teto elétrico**. [S.l.]: Empório dos Varais, 2025. Disponível em: [https://emporiadosvarais.com.br/products/varal-tradicional-de-teto-eletrico?variant=40013499596843&country=BR&currency=BRL&utm\\_medium=product\\_sync&utm\\_source=google&utm\\_content=sag\\_organic&utm\\_campaign=sag\\_organic&srsId=AfmBOoqwJoLsD3clhwJ35xlkbZwB8\\_MqQZFm7KAiuza5K1KHi8bw1APhyR8](https://emporiadosvarais.com.br/products/varal-tradicional-de-teto-eletrico?variant=40013499596843&country=BR&currency=BRL&utm_medium=product_sync&utm_source=google&utm_content=sag_organic&utm_campaign=sag_organic&srsId=AfmBOoqwJoLsD3clhwJ35xlkbZwB8_MqQZFm7KAiuza5K1KHi8bw1APhyR8). Acesso em: 5 out. 2025.

ESTAÇÃO DOS VARAIS. **Motor elétrico para varal tradicional**. [S.l.]: Estação dos Varais, 2025. Disponível em: <https://www.estacaodosvarais.com.br/produtos/motor-eletrico-para-varal-tradicional/?variant=861672859&pf=mc&srsId=AfmBOoqUxyrLuXrqtbIM1Hu5MGVGyBTdkZRHcvEJVlgN0GIzq5plh53Dp0>. Acesso em: 5 out. 2025.

FORD MOTOR COMPANY BRASIL. **Manual do Proprietário: Del Rey/Belina**. [S.l.]: A Empresa, 1987. 112 p. Disponível em: <https://coffeemotors.com.br/manual-do-proprietario-ford-del-rey-belina-1987/>. Acesso em: 5 out. 2025.

FITZGERALD, A. E.; KINGSLEY, Charles; UMANS, Stephen D. **Máquinas elétricas de Fitzgerald e Kingsley**. 7. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.

GIMENEZ, Salvador P. **Microcontroladores 8051 - Conceitos, Operação, Fluxogramas e Programação**. Rio de Janeiro: Érica, 2015a. E-book. p.12. ISBN 9788536519906. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788536519906/>. Acesso em: 24 fev. 2025.

GIMENEZ, Salvador P. **Microcontroladores 8051 - Conceitos, Operação, Fluxogramas e Programação**. Rio de Janeiro: Érica, 2015b. E-book. p.13. ISBN 9788536519906. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788536519906/>. Acesso em: 24 fev. 2025.

GIMENEZ, Salvador P. **Microcontroladores 8051 - Conceitos, Operação, Fluxogramas e Programação**. Rio de Janeiro: Érica, 2015c. E-book. p.17. ISBN 9788536519906. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788536519906/>. Acesso em: 24 fev. 2025.

GUSE, Rosana. **Controlando um motor DC com driver Ponte H L298N**. MakerHero – Blog. Disponível em: <https://www.makerhero.com/blog/motor-dc-arduino-ponte-h-l298n/>. Acesso em: 5 out. 2025.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física – Volume 1: Mecânica**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HANDSONTEC. **BTS7960 Motor Driver – High Current 43A H-Bridge**. Disponível em: <https://www.handsontec.com/dataspecs/module/BTS7960%20Motor%20Driver.pdf>. Acesso em: 5 out. 2025.

HIBBELER, R. C. **Mecânica para Engenheiros – Estática**. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **CENSO Demográfico 1970 - 2022: resultados da amostra: características gerais da população: população residente, por sexo, situação e grupos de idade**. In: IBGE. Sidra: sistema IBGE de recuperação automática. Rio de Janeiro, [2022a]. Disponível em: <https://atlasescolar.ibge.gov.br/brasil/3051-caracteristicas-demograficas/idade/21898-piramide-etaria-1970-2022.html>. Acesso em: 25 jan. 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **CENSO Demográfico 1970 - 2022: resultados da amostra: características gerais da população: população residente, por sexo, situação e grupos de idade**. In: IBGE. Sidra: sistema IBGE de recuperação automática. Rio de Janeiro, [2022b]. Disponível em: <https://atlasescolar.ibge.gov.br/brasil/3051-caracteristicas->



demograficas/idade/21898-piramide-etaria-1970-2022.html. Acesso em: 25 jan. 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saúde 2019: Percepção do estado de saúde, estilos de vida, doenças crônicas e saúde bucal.** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/9160-pesquisa-nacionaldesaude.html?edicao=29270&t=resultados>. Acesso em: 22 nov. 2024a.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saúde 2019: Percepção do estado de saúde, estilos de vida, doenças crônicas e saúde bucal.** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/9160-pesquisa-nacionaldesaude.html?edicao=29270&t=resultados>. Acesso em: 22 nov. 2024b.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2022: número de pessoas com 65 anos ou mais de idade cresceu 57,4% em 12 anos** | Agência de Notícias. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-denoticias/noticias/38186-censo-2022-numero-de-pessoas-com-65-anos-ou-maisde-idade-cresceu-57-4-em-12-anos>; Acesso em: 17 de nov. 2024.

IMOBRA. **Motorreductor / 10.05.021.12v e 24v.** [S.l.]: Imobras Indústria e Comércio, 2018. Disponível em: <https://www.imobras.ind.br/site-2017/pt-br/produtos/categoria/motorreductores/motorreductor-64>. Acesso em: 5 set. 2025.

INACIO, Bruno. **Treinamento de Força para Idosos.** 2011. 35 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Educação Física) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/190388/Bruno%20S.%20In%C3%A1cio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 22 nov. 2024.

INFINEON TECHNOLOGIES. BTS 7960: **High Current PN Half Bridge NovalithIC™.** Data Sheet, Rev. 1.1, December 2004. Neubiberg, Alemanha: Infineon Technologies, 2004. Disponível em: <https://www.infineon.com/assets/row/public/documents/10/57/infineon-bts7960-ds-en.pdf?folderId=db3a304412b407950112b408e8c90004&fileId=db3a304412b407950112b43945006d5d>. Acesso em: 5 out. 2025.

KUSER VARAL. **Elevador elétrico para varal tradicional.** Kuser Varal. Disponível em: <https://www.kuservarais.com.br/elevador-eletrico-para-varal-tradicional>. Acesso em: 5 out. 2025.

LAWTON, M. P., & BRODY, P. **Assessment of older people: self-maintaining and instrumental activities of daily living.** *Gerontologist*, 9(3), 179-186. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5349366>. Acesso em: 10 fev. 2025.

MACHINE DESIGN. **Speed reducers.** Machine Design, 2001. Disponível em: <https://www.machinedesign.com/automation-iiot/article/21827591/speed-reducers>. Acesso em: 9 out. 2025

MAZINI FILHO, M. et al. **Atividade física e envelhecimento humano: a busca pelo envelhecimento saudável.** Revista Brasileira de Ciências do Envelhecimento Humano, p. 97–106, 3 jan. 2010a.

MAZINI FILHO, M. et al. **Atividade física e envelhecimento humano: a busca pelo envelhecimento saudável.** Revista Brasileira de Ciências do Envelhecimento Humano, p. 97–106, 3 jan. 2010b.

MEGAACE. **Fonte chaveada 12V/30A 360W.** [S.l.]: Megaace, 2025. Disponível em: <https://megaace.com.br/produto/fonte-chaveada-12v30a-360w/>. Acesso em: 5 out. 2025.

MINISTÉRIO DA MULHER, DA FAMÍLIA E DOS DIREITOS HUMANOS (MMFDH). Secretaria Nacional da Família (SNF). **Observatório Nacional da Família. Fatos e Números: Saúde Mental.** Brasília, DF: MMFDH, v. 1, 2022.

MOHAN, Ned; UNDELAND, Tore M.; ROBBINS, William P. **Power electronics: converters, applications, and design.** 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 2003.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Síntese de evidências para políticas: Acesso à tecnologia assistiva.** Genebra: Organização Mundial da Saúde, 2020.

REUBEN, D. B., & Solomon, D. H. (1989). **Assessment in geriatrics: of caveats and names.** *Journal of the American Geriatrics Society*, 37(6), 570-572. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2654261>. Acesso em: 10 fev. 2025.

ROBOCORE. **Arduino BlackBoard.** Disponível em: [https://www.robocore.net/placa-robocore/arduino-blackboard?gad\\_source=1&gad\\_campaignid=16517456855&gbraid=0AAAAADzrkI4aLt1cgOZKF-W1Sglz7s9GF&gclid=Cj0KCQiA5ablBhCaARIsAM3-zFX4IGmjS6gFtTaDEiSwZmSoTJzwgb\\_S2R7dWS\\_peTUntRpGJN4FF-4aAtHfEALw\\_wcB](https://www.robocore.net/placa-robocore/arduino-blackboard?gad_source=1&gad_campaignid=16517456855&gbraid=0AAAAADzrkI4aLt1cgOZKF-W1Sglz7s9GF&gclid=Cj0KCQiA5ablBhCaARIsAM3-zFX4IGmjS6gFtTaDEiSwZmSoTJzwgb_S2R7dWS_peTUntRpGJN4FF-4aAtHfEALw_wcB). Acesso em: 5 out. 2025.

RODRIGUES, Patrícia; ALVES, Lynn. **TECNOLOGIA ASSISTIVA – UMA REVISÃO DO TEMA.** HOLOS, Ano 29, Vol.6. 2013.

SANTOS, Winderson Eugênio dos; JÚNIOR, José Hamilton Chaves G. **Robótica Industrial - Fundamentos, tecnologias, programação e simulação - 1ª edição - 2014.** Rio de Janeiro: Érica, 2015. E-book. p.81. ISBN 9788536530789. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788536530789/>. Acesso em: 24 fev. 2025.

SEW-EURODRIVE. **Motorreduzidores – História e desenvolvimento dos motores reduzidores.** Disponível em: [https://www.sew-eurodrive.pt/produtos/motorreduzidores/getriebemotoren\\_1.html](https://www.sew-eurodrive.pt/produtos/motorreduzidores/getriebemotoren_1.html). Acesso em: 9 out. 2025.

SILVA, Diana Ferraz *et al.* **SARCOPENIA EM IDOSOS: ENVELHECIMENTO, EXERCÍCIOS RESISTIDOS E RESERVA FUNCIONAL.** Revista Faculdades do Saber, vol.6. 2021a.

SILVA, Diana Ferraz *et al.* **SARCOPENIA EM IDOSOS: ENVELHECIMENTO, EXERCÍCIOS RESISTIDOS E RESERVA FUNCIONAL.** Revista Faculdades do Saber, vol.6, p.808 2021b.

STARHOUSE VARAIS. **Motor elétrico para varal tradicional.** [S.l.]: Starhouse Varais, 2025. Disponível em: [https://www.starhousevarais.com.br/motor-eletrico-para-varal-tradicional?utm\\_source=Site&utm\\_medium=GoogleMerchant&utm\\_campaign=GoogleMerchant&sku=2PKBL7R7L-branco](https://www.starhousevarais.com.br/motor-eletrico-para-varal-tradicional?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&sku=2PKBL7R7L-branco). Acesso em: 5 out. 2025.