

**DESENVOLVIMENTO DE SUPORTE ERGONÔMICO PARA LEITURA  
UMA PROPOSTA DE ACESSIBILIDADE E CONFORTO POSTURAL**

**DEVELOPMENT OF ERGONOMIC READING SUPPORT  
A PROPOSAL FOR ACCESSIBILITY AND POSTURAL COMFORT**

Hailê Olavo Terra Ribeiro<sup>1</sup>

Frederico de Souza<sup>2</sup>

**RESUMO**

RIBEIRO, HAILÊ. **DESENVOLVIMENTO DE SUPORTE ERGONÔMICO PARA LEITURA** UMA PROPOSTA DE ACESSIBILIDADE E CONFORTO POSTURAL. Ano do depósito. Artigo Design de Produto — Instituto Federal de Brasília - Campus Samambaia, Brasília, 2025.

O presente artigo trata do desenvolvimento de um suporte ergonômico para leitura com foco na promoção do conforto postural e acessibilidade, incluindo pessoas com limitações nos membros superiores. A pesquisa utilizou uma abordagem exploratória e aplicada, aliada às metodologias de *Design Thinking* e prototipagem rápida por impressão 3D. Foram analisados conceitos de ergonomia física, design acessível e tecnologias de automação para criar um dispositivo ajustável em altura e lateralmente, incorporando um sistema automatizado para virada de páginas utilizando Arduino. A coleta de dados foi realizada através de questionário online, identificando dores posturais como principal problema enfrentado por leitores frequentes. O protótipo foi validado por testes informais, evidenciando melhorias no conforto e usabilidade, porém também indicando pontos de aprimoramento, como o ajuste de atrito para diferentes tipos de papel e a necessidade de sistemas mais intuitivos de controle. Os resultados demonstraram potencial de aplicação do suporte em ambientes domésticos, hospitalares e educacionais, contribuindo para a redução de desconfortos físicos durante a leitura e promovendo maior autonomia aos usuários.

---

<sup>1</sup> Graduando em Design de Produto pelo Instituto Federal de Ciência, Tecnologia e Educação de Brasília — Campus Samambaia. E-mail: [haile.olavo14@gmail.com](mailto:haile.olavo14@gmail.com)

<sup>2</sup> Professor no Instituto Federal de Tecnologia e Educação de Brasília — Campus Samambaia. Doutor em Ciências Florestais pela Universidade de Brasília. E-mail: [frederico.souza@ifb.edu.br](mailto:frederico.souza@ifb.edu.br)

**Palavras-chave:** Suporte de leitura; Ergonomia; Design acessível; Arduino.

## **RESUMO EM LÍNGUA ESTRANGEIRA**

RIBEIRO, HAILÊ. DEVELOPMENT OF ERGONOMIC READING SUPPORT: A PROPOSAL FOR ACCESSIBILITY AND POSTURAL COMFORT. Year of filing. Product Design Article Instituto Federal de Brasília - Campus Samambaia, Brasília, 2025

This paper presents the development of an ergonomic reading stand focused on promoting postural comfort and accessibility for general readers, including those with upper limb limitations. The research used an exploratory and applied approach, combined with Design Thinking methodologies and rapid prototyping through 3D printing. Concepts of physical ergonomics, assistive design, and automation technologies were analyzed to create a device adjustable in height and tilt, incorporating an automated page-turning system using Arduino. Data collection was conducted through an online questionnaire, identifying postural pain as the main problem faced by frequent readers. The prototype was validated through informal testing, demonstrating improvements in comfort and usability, but also indicating areas for improvement, such as friction adjustment for different types of paper and the need for more intuitive control systems. The results demonstrate the support's potential for application in domestic, hospital, and educational settings, helping to reduce physical discomfort during reading and promoting greater autonomy for users.

**Keywords:** Reading support; Ergonomics; Accessibility Design; Arduino.

Data de aprovação: 29/07/2025

### **1. Introdução**

A leitura desempenha papel central na formação intelectual, cultural e crítica do indivíduo, sendo uma prática essencial para o desenvolvimento da linguagem, criatividade e identidade (CHARTIER, 1999). Além disso, o acesso à leitura é um direito garantido constitucionalmente e está diretamente relacionado à cidadania e à inclusão social (BRASIL, 1988).

No entanto, a prática da leitura prolongada pode gerar desconfortos físicos, especialmente quando realizada em posturas inadequadas. A ergonomia física, como

define lida (2016), busca adaptar as condições de trabalho às características anatômicas e fisiológicas do ser humano, sendo essencial para prevenir dores musculoesqueléticas, como as causadas pela flexão cervical prolongada — também conhecidas como “síndrome do pescoço de texto” (VASANTHAN et al., 2021; HANSRAJ, 2014).

Esses desafios são ainda mais evidentes entre pessoas com deficiências nos membros superiores, que enfrentam obstáculos adicionais para interagir com materiais de leitura. A Lei Brasileira de Inclusão (BRASIL, 2015) assegura o acesso a produtos em formatos acessíveis, exigindo soluções de design que contemplem as necessidades funcionais desse público. Nesse sentido, o Design para Acessibilidade, como propõe Pullin (2009), busca eliminar barreiras ao uso por meio de abordagens que favoreçam a autonomia e o conforto.

Durante observações realizadas na Rede SARAH de Hospitais de Reabilitação, foi possível constatar como a ausência de dispositivos adaptativos pode tornar a leitura uma experiência desgastante. Isso evidencia a necessidade de soluções que integrem ergonomia e acessibilidade, promovendo conforto para todos os usuários, inclusive aqueles com limitações motoras.

Diante desse cenário, este trabalho investiga o desenvolvimento de um suporte de leitura ergonômico e acessível, que minimize os desconfortos físicos e possibilite maior autonomia. A proposta visa responder à seguinte pergunta: é possível criar um dispositivo que torne a leitura mais confortável e acessível para o público geral e para pessoas com limitações nos membros superiores?

## **2. Objetivo Geral**

Este trabalho tem como objetivo apresentar o processo de desenvolvimento de um suporte ergonômico de leitura que proporcione conforto e acessibilidade.

### **2.1 Objetivos Específicos**

- a) Identificar as necessidades e limitações dos usuários no contexto da leitura;
- b) Investigar fatores ergonômicos que envolvem a leitura;

- c) Elaborar o projeto conceitual e funcional de um protótipo de dispositivo que possibilite o posicionamento, sustentação e, se viável, o acionamento do virar de páginas de livros físicos;
- d) Realizar a construção e o teste preliminar do protótipo, considerando parâmetros como usabilidade, ergonomia, segurança e acessibilidade;

### **3. Fundamentação Teórica**

#### **3.1 A importância da leitura na formação do indivíduo**

A leitura é uma das ferramentas mais poderosas para o crescimento, especialmente numa sociedade capitalista onde o conhecimento pode definir o acesso a melhores oportunidades. Em um sistema que muitas vezes distribui riqueza com base no nível de instrução, ler é mais do que um hábito, é um ato de empoderamento. Ao ler, o indivíduo amplia sua visão de mundo, desenvolve pensamento crítico e adquire ferramentas para questionar, criar e transformar a realidade ao seu redor.

Nesse sentido, Chartier (1999) afirma que “ler é também uma maneira de se apropriar do mundo e de si mesmo”, reforçando que o acesso ao conhecimento — garantido, entre outros meios, pela leitura — é decisivo na construção da autonomia e no rompimento de ciclos de exclusão. Assim, fomentar a leitura é investir em justiça social, criticidade e liberdade.

No Brasil, o acesso à leitura está diretamente ligado ao exercício pleno da cidadania, uma vez que a Constituição Federal de 1988 garante o direito à educação, à cultura e à informação como fundamentos para a construção de uma sociedade justa e democrática. O artigo 205 da Constituição estabelece que “a educação, direito de todos e dever do Estado e da família, será promovida e incentivada com a colaboração da sociedade” (BRASIL, 1988), sendo o acesso à leitura uma ferramenta essencial para o desenvolvimento intelectual, social e político do indivíduo. Além disso, o artigo 215 assegura a todos o pleno exercício dos direitos culturais e o acesso às fontes da cultura nacional, o que inclui o direito a materiais de leitura em formatos acessíveis e condições adequadas de uso.

No contexto das pessoas com deficiência, a legislação brasileira reforça a necessidade de garantir igualdade de oportunidades e eliminar barreiras que

dificultem o acesso à informação e à leitura. A Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência) — Lei nº 13.146/2015 — assegura, em seu artigo 28, o acesso a bens culturais em formatos acessíveis, bem como o estímulo ao hábito da leitura de forma autônoma sempre que possível (BRASIL, 2015). Assim, o desenvolvimento de produtos que facilitem a leitura para pessoas com deficiência nos membros superiores contribui não apenas para o bem-estar individual, mas também para a efetivação de direitos constitucionais básicos, promovendo a inclusão social, o exercício da cidadania e a participação ativa na vida cultural do país.

### **3.2 Ergonomia aplicada ao ato de ler**

A ergonomia se divide em três áreas principais: física, cognitiva e organizacional. Enquanto a cognitiva lida com processos mentais como atenção e cansaço visual, e a organizacional foca em aspectos ambientais e sociais, este projeto de suporte de leitura prioriza a ergonomia física, pois aborda diretamente os problemas posturais mais comuns durante a leitura - como dores no pescoço, ombros e costas causadas por má posição. O produto foi desenvolvido para oferecer ajustes de altura e inclinação que mantêm a coluna alinhada e os braços apoiados, garantindo conforto corporal durante longos períodos de leitura. Embora os outros tipos de ergonomia também sejam importantes, o foco na física é essencial para criar uma base confortável que permita ao leitor se concentrar no conteúdo sem desconfortos musculares:

*A ergonomia física preocupa-se com as características anatômicas, antropométricas, fisiológicas e biomecânicas humanas em relação à atividade física. Seu principal objetivo é adaptar o trabalho ao homem, evitando esforços excessivos e posturas inadequadas (IIDA, 2016, p. 45).*

Ler por muito tempo pode ser bem desconfortável quando não tomarmos cuidado com a postura. A ergonomia serve justamente pra evitar esses problemas, ajudando a gente a manter uma posição mais confortável e saudável. Um bom suporte de leitura faz toda a diferença: ele deve deixar o livro na altura certa dos olhos, dar apoio para as mãos e permitir ajustes pra gente não ficar curvado.

*Posturas estáticas prolongadas, como inclinar a cabeça para frente por longos períodos, podem causar tensão muscular e compressão vertebral, levando a quadros como a síndrome do pescoço de texto, (IIDA, 2016, p. 178).*

A síndrome do pescoço de texto (*text neck syndrome*) é uma condição musculoesquelética resultante da flexão cervical prolongada durante o uso de dispositivos móveis ou leitura em posição inadequada (VASANTHAN et al., 2021). Estudos biomecânicos demonstram que, ao inclinar a cabeça em 15° para frente, a carga sobre a coluna cervical aumenta para aproximadamente 12 kg, podendo atingir 27 kg a 60° de flexão (HANSRAJ, 2014). Essa sobrecarga contínua leva à fadiga dos músculos, compressão discal e possível desenvolvimento de cervicalgia crônica (NEUPANE et al., 2018).

Pesquisas em biomecânica comprovam que manter o material de leitura em um ângulo entre 20° e 30° em relação à horizontal reduz significativamente a tensão cervical, minimizando o risco da síndrome do pescoço de texto (Hansraj, 2014). Um estudo de Neupane et al. (2018) observou que usuários que utilizavam suportes ajustáveis relataram 30% menos desconforto após longos períodos de leitura em comparação àqueles que seguravam livros ou dispositivos manualmente.

### **3.3 Design para Acessibilidade e suas aplicações**

O Design para Acessibilidade refere-se ao desenvolvimento de produtos, ambientes e sistemas com o objetivo de eliminar barreiras funcionais enfrentadas por pessoas com algum tipo de limitação, promovendo maior autonomia e facilidade de uso em situações específicas. Essa abordagem busca atender as necessidades particulares de grupos com restrições funcionais, sem excluir a possibilidade de beneficiar o público em geral. Segundo Pullin (2009), o Design para Acessibilidade é fundamental para criar soluções que ampliem a participação social, permitindo que mais pessoas tenham acesso igualitário a produtos e serviços. Pahl e Beitz (2005) reforçam a importância de considerar fatores ergonômicos e funcionais desde o início do processo projetual, principalmente quando o foco é reduzir esforços físicos e melhorar a usabilidade para grupos específicos de usuários.

O suporte de leitura proposto neste trabalho segue os princípios do Design para Acessibilidade, priorizando a criação de um recurso que facilite o ato de ler para

peças com deficiência nos membros superiores. A estrutura ajustável, a estabilidade e o foco ergonômico foram desenvolvidos com base nas dificuldades motoras comuns deste público, reduzindo a necessidade de manipulação constante do material de leitura. Além disso, embora pensado para atender esta demanda específica, o produto também oferece benefícios a qualquer pessoa que busque maior conforto durante a leitura, evidenciando como soluções acessíveis podem se estender para um público mais amplo sem perder seu foco principal de inclusão funcional (PULLIN, 2009; PAHL; BEITZ, 2005).

### 3.4 Produtos semelhantes

Conforme mostra a figura 1 e 2 um suporte de livros ajustável com mecanismo automático de virar páginas, servindo como referência técnica fundamental para projetos de suportes de leitura assistiva.

O sistema detalhado apresenta soluções mecânicas para controle de ângulo de inclinação (20°-45°) e um mecanismo de virada por rolo acionado eletricamente. Particularmente relevante é sua abordagem de acionamento por pedal, que oferece alternativa acessível para usuários com limitação motora nos membros superiores.

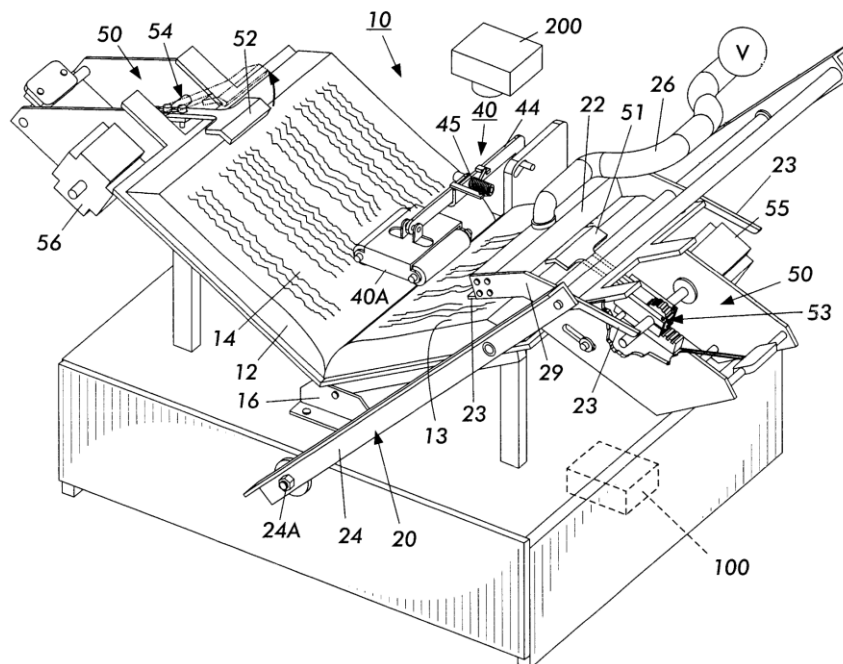
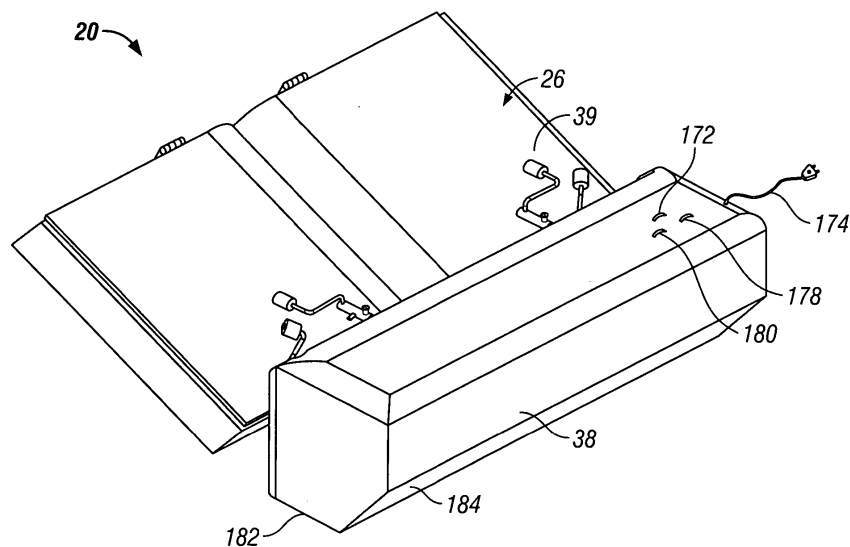


Figura 1 – Suporte para livros ajustável com mecanismo automático de virada de página  
 Fonte: CHILDS, D. W.; HARRISON, D. *Adjustable book holder with automatic page turning*

Esta patente apresenta um modelo inovador de suporte com sistema de fixação de páginas e ajuste multiangular (15°-90°), destacando-se pela solução de grampos magnéticos para estabilização do material durante a leitura. O projeto serve como estudo de caso para a integração entre ergonomia (através de seus pontos de articulação) e acessibilidade (com seu sistema de contenção ativa de folhas). Seu mecanismo de trava incremental inspirou soluções adaptáveis para diferentes formatos de publicações, desde livros didáticos até tablets.



Fonte: HSU, C.-W. *Suporte para livros em vários ângulos com sistema de retenção de páginas*. Patente US20050120601A1, 09 jun. 2005.

## 4. Metodologia de Projeto

### 4.1 Abordagem metodológica científica

A abordagem metodológica adotada neste trabalho é composta por uma pesquisa exploratória, aliada à pesquisa aplicada. A pesquisa exploratória foi fundamental para fornecer embasamento teórico por meio da revisão bibliográfica sobre os temas de leitura, ergonomia, design assistivo e acessibilidade. Essa etapa permitiu compreender os principais conceitos envolvidos e mapear necessidades comuns enfrentadas por leitores, especialmente aqueles com limitações físicas ou em situação de desconforto postural. Como explica Gil (2019) “A pesquisa exploratória visa proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses.”

Já a pesquisa aplicada teve como objetivo transformar o conhecimento teórico em uma solução prática, no caso, o desenvolvimento de um suporte de leitura ergonômico que contribua com o bem-estar do usuário. Por se tratar de um projeto com finalidade funcional, voltado à solução de um problema real, a aplicação da pesquisa visou desenvolver um produto útil e com potencial de aplicação prática em contextos diversos, como residências, ambientes hospitalares e escolares.

A escolha dessas duas metodologias justifica-se pela natureza do trabalho, que exige tanto o entendimento profundo do tema quanto a construção de um produto viável, centrado nas reais necessidades do público-alvo. A fase exploratória proporcionou subsídios para a definição de critérios projetuais, enquanto a etapa aplicada foi responsável pela validação prática das ideias desenvolvidas.

#### **4.2 Aplicação do *Design Thinking***

A abordagem do *Design Thinking* foi incorporada ao desenvolvimento deste projeto como uma metodologia centrada no usuário, permitindo compreender profundamente suas necessidades e transformar essas informações em soluções criativas e funcionais. Segundo Brown (2009), o *Design Thinking* se baseia na empatia com os usuários, na experimentação prática e na capacidade de gerar soluções inovadoras por meio da colaboração multidisciplinar. Essa abordagem se mostrou especialmente útil por envolver um processo iterativo de imersão, ideação, prototipação e testes — etapas que coincidem com os objetivos do suporte de leitura proposto, que busca unir ergonomia, funcionalidade e acessibilidade.

A fase de imersão foi realizada por meio da coleta de dados com usuários reais, enquanto a ideação envolveu a geração de possíveis soluções baseadas nas dores identificadas. Já a prototipação foi viabilizada com o uso da impressora 3D Ender 3 V3 KE, de propriedade do autor do projeto, permitindo a construção de modelos físicos para testes rápidos e ajustes constantes. Como destacam Liedtka e Ogilvie (2014), o uso de protótipos no *Design Thinking* permite tangibilizar ideias de forma rápida e interativa, facilitando o refinamento da solução com base no feedback real do usuário. A disponibilidade desse equipamento possibilitou um fluxo contínuo de criação, avaliação e melhoria do protótipo, alinhando-se à filosofia iterativa da metodologia.

##### **4.2.1 Impressão 3D e Prototipagem Rápida**

A utilização da impressão 3D como recurso de prototipagem rápida foi essencial para o desenvolvimento do produto. Essa tecnologia permitiu transformar ideias e esboços em modelos tridimensionais tangíveis com agilidade, possibilitando testes reais de ergonomia, montagem e funcionalidade. De acordo com Berman (2012), a impressão 3D representa uma revolução nos métodos de fabricação ao permitir ciclos de desenvolvimento mais curtos, menor custo e maior personalização. Foram utilizados filamentos de PLA (ácido polilático) devido à sua facilidade de impressão, resistência e adequação ao propósito do protótipo.

A prototipagem rápida se destacou como uma ferramenta estratégica, permitindo validar conceitos, corrigir falhas de projeto e adaptar dimensões conforme o feedback de usuários. Conforme afirma Saldanha (2015), a prototipagem rápida é fundamental em processos de design centrados no ser humano, pois permite testar soluções em tempo real e reduzir incertezas durante o desenvolvimento. Diferente de processos industriais mais lentos e custosos, a impressão 3D ofereceu uma alternativa acessível, flexível e eficaz para a produção de versões evolutivas do suporte de leitura, promovendo um ciclo de desenvolvimento mais dinâmico e centrado no usuário final.

### **4.3 Coleta de dados e análise**

Para conhecer melhor o perfil e as necessidades dos potenciais usuários do produto, foi aplicado um questionário online por meio da plataforma Google Forms. O formulário foi composto por perguntas quantitativas, que permitiram levantar dados objetivos (como frequência de leitura, postura utilizada e tempo médio de leitura), e qualitativas, que possibilitaram compreender percepções individuais sobre conforto, dor ou limitações durante a prática da leitura. Ele foi aplicado entre os dias 04/06/2025 a 04/07/2025 e recebeu 77 respostas, proporcionando uma base significativa de dados para análise e direcionamento do projeto. O formulário encontra-se disponível em: <https://forms.gle/u7VCrRksL48kdxXa8>

O perfil dos respondentes foi variado, abrangendo pessoas de diferentes faixas etárias, principalmente entre 18 e 60 anos, com predominância de estudantes, profissionais que realizam leituras frequentes e indivíduos que relataram desconfortos

físicos associados ao tempo prolongado de leitura. A diversidade do público contribuiu para uma visão mais ampla dos fatores que impactam a ergonomia no ato de ler.

Durante o estágio realizado pelo autor na Rede SARAH de Hospitais de Reabilitação, entre os anos de 2023 e 2025, houve a oportunidade de analisar diversos produtos assistivos que utilizam mecanismos similares aos propostos neste projeto de suporte de leitura com ajuste de altura e virador automático de páginas.

## **5. Desenvolvimento do Protótipo**

### **5.1 Processo de criação**

A definição da altura e do ângulo de leitura no suporte foi baseada em dados antropométricos extraídos da norma DIN 33402 (1981), que apresenta medidas padronizadas do corpo humano aplicáveis ao design ergonômico de produtos. Em especial, utilizou-se como referência a altura dos olhos na posição sentada, a fim de garantir que o plano de leitura se mantenha dentro do campo visual confortável do usuário, respeitando os limites biomecânicos naturais da cabeça e pescoço. Essa consideração é fundamental para a prevenção de dores cervicais e fadiga ocular, especialmente durante períodos prolongados de leitura.

Para garantir que o suporte de leitura atendesse a uma ampla faixa da população, foi adotado o uso de dados percentílicos, especialmente os percentis 5 e 95, conforme prática recomendada em projetos ergonômicos. O percentil 5 representa indivíduos com menores estaturas e o percentil 95, os de maiores dimensões corporais, permitindo assim que o produto seja acessível e funcional para aproximadamente 90% dos usuários. Essa abordagem evita tanto a exclusão de pessoas com biotipos fora da média quanto o superdimensionamento desnecessário de componentes (IIDA, 2005). No contexto deste projeto, essas medidas foram essenciais para definir os limites mínimo e máximo de ajuste de altura e altura, garantindo usabilidade e conforto postural tanto para usuários de baixa estatura quanto para os mais altos.

Além disso, para orientar a estrutura dimensional do suporte e sua adaptação ao ambiente de uso, foram utilizadas referências espaciais extraídas da norma brasileira NBR 9050 (ABNT, 2020). A norma fornece diretrizes relacionadas às

dimensões mínimas e máximas para mobiliário acessível, como mesas, superfícies de apoio e áreas livres para manobra, que serviram como base para garantir que o suporte pudesse ser utilizado de forma funcional em diferentes contextos — seja acoplado a mesas de trabalho, cabeceiras ou superfícies horizontais comuns. Essas referências permitiram que o produto fosse dimensionado considerando áreas livres, alturas acessíveis e profundidade de alcance, assegurando conforto e praticidade de uso, tanto para o público geral quanto para pessoas com mobilidade reduzida.

Foram desenvolvidos esboços iniciais de forma manual (figura 3 e 4), utilizando técnicas simples de desenho à mão livre para explorar diferentes configurações, formas e sistemas de funcionamento do suporte. Cada esboço buscou responder aos requisitos.

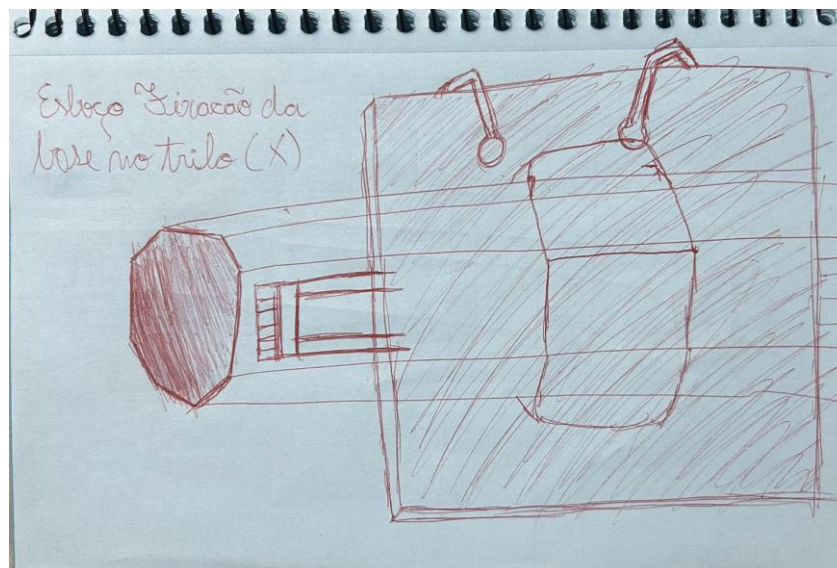


Figura 3 – Esboço prévio eixo horizontal e suporte

Fonte: Autoria própria

Durante essa etapa, as ideias foram avaliadas de maneira comparativa, considerando critérios como viabilidade técnica, simplicidade construtiva, conforto ergonômico e potencial de acessibilidade. As soluções mais promissoras foram selecionadas para refinamento e evolução em direção aos protótipos tridimensionais.

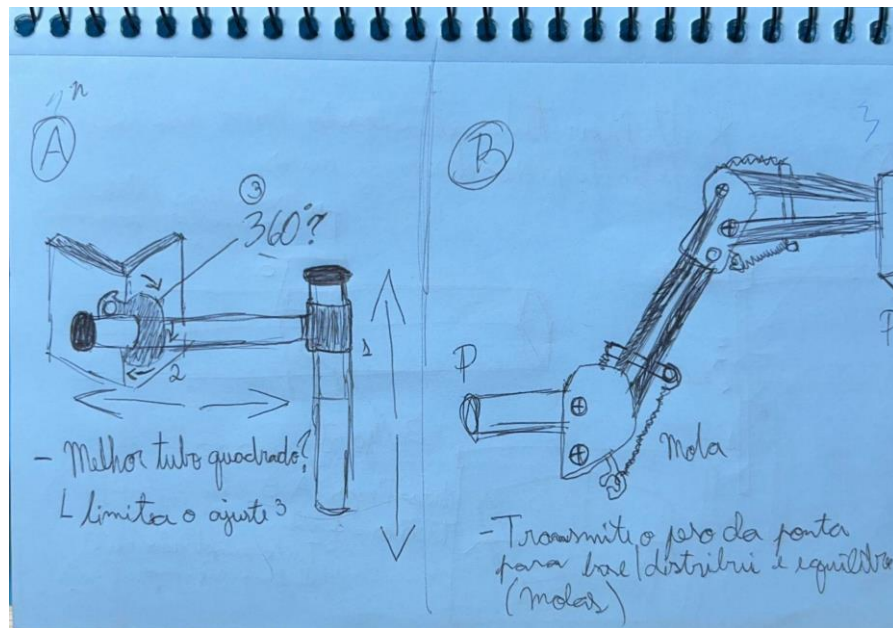


Figura 4 – Esboços tipos de estrutura

Fonte: Autoria própria

Este processo de geração de ideias, apoiado por referências e esboços, demonstra a importância da experimentação visual no desenvolvimento de soluções centradas no usuário, alinhadas à proposta do projeto.

## 5.2 Requisitos

O desenvolvimento de produtos voltados para o suporte à leitura exige uma análise criteriosa de requisitos que atendam tanto aos aspectos funcionais quanto às necessidades ergonômicas dos usuários. Segundo Lida (2005), a ergonomia busca adaptar o trabalho e os objetos às características humanas, promovendo conforto, segurança e eficiência. Nesse contexto, os requisitos definidos para o projeto consideram a diversidade de perfis de usuários, incluindo pessoas com limitações físicas, bem como leitores regulares que desejam manter uma postura saudável durante a leitura.

- **Ajuste de altura:** permite que o usuário adapte o suporte à altura de sua cabeça e olhos, evitando flexões excessivas da coluna cervical, o que contribui para a prevenção de dores musculoesqueléticas (ABERGO, 2011).

- **Angulação confortável para a cervical:** a inclinação do suporte deve possibilitar uma leitura frontal ou levemente inclinada, respeitando a curvatura natural da coluna cervical e reduzindo a fadiga visual e postural.
- **Ajustes com manípulos anatômicos:** os mecanismos de ajuste devem ser operáveis com facilidade e firmeza, mesmo por usuários com limitação de força ou destreza manual, permitindo uma adaptação intuitiva e segura.
- **Virador de página automatizado com sensor:** esse recurso visa promover a autonomia do usuário com deficiência motora leve ou moderada, integrando tecnologias assistivas sem comprometer a simplicidade do uso para o público.
- **Sistema de fixação com grampo e manípulo:** o produto deve ser acoplado facilmente a diferentes superfícies como: mesas, cabeceiras ou bancadas utilizando sistemas de fixação simples e robustos, sem necessidade de ferramentas externas.

A definição dos requisitos ergonômicos e funcionais do suporte de leitura foi fundamentada na abordagem do *Design Thinking*, que valoriza a empatia com o usuário, a experimentação e a cocriação como estratégias centrais para a solução de problemas reais (BROWN, 2010). Um dos instrumentos utilizados na fase de imersão e descoberta foi a aplicação de um formulário digital (Google Forms), com o objetivo de captar percepções, hábitos e dificuldades de leitura em diferentes contextos — incluindo tanto o público geral quanto pessoas com algum tipo de limitação física leve.

### 5.3 Eletrônica

Para dar vida ao mecanismo de virada automática de páginas, foi utilizado o Arduino Uno (Figura 5), uma das placas mais populares para prototipagem eletrônica. Simples de usar e fácil de programar, o Uno é baseado no microcontrolador ATmega328P e opera a 5V, com 14 pinos digitais e 6 analógicos, o que o torna bastante versátil para projetos pequenos como este. Ele é muito utilizado em automações caseiras, robótica educacional e dispositivos assistivos, justamente por permitir conectar sensores, motores e outros componentes com relativa facilidade

(BANZI; SHILOH, 2015). Além disso, a vasta comunidade de usuários e a ampla documentação tornam o Arduino uma excelente escolha para desenvolvimento rápido de soluções acessíveis (MONK, 2013).



Figura 5 – Exemplo Arduino UNO

Fonte: Blog Eletrogate

No controle do movimento, entrou o motor de passo 28BYJ-48 (figura 6), *um modelo pequeno e barato, mas eficaz para aplicações de precisão leve. Ele funciona com passos de 5,625° por pulso e possui uma redução interna de 1:64, o que permite giros suaves e controlados — ideal para virar páginas sem danificar o papel. O motor foi acionado através da placa ULN2003, um driver que fornece a corrente necessária para os enrolamentos do motor com base nos sinais de controle enviados pelo Arduino. Essa combinação é comum em projetos de impressoras, braços robóticos e sistemas de ventilação automatizada (ROBINSON; LOPRESTI, 2019), por ser confiável, compacta e fácil de implementar.*



Figura 6 – Exemplo motor de passo 28BYJ-48 com driver ULN2003

Fonte: VLADCONTROL

O código desenvolvido (APÊNDICE A — Código Arduino) tem como objetivo principal automatizar o movimento de virar páginas utilizando um sistema eletromecânico controlado por Arduino, combinando um motor de passo 28BYJ-48 com driver ULN2003 para movimentos precisos e um sensor de toque capacitivo TTP223 para ativação intuitiva. O *firstStepper* é responsável pelo movimento principal de 190° para virar a página e seu retorno, operando em velocidade otimizada (12 RPM) para equilibrar rapidez e suavidade, enquanto o *secondStepper* executa apenas 1/4 de volta (509 passos) como movimento auxiliar. O sistema inclui um inteligente gerenciamento de energia que alterna entre energizar e desenergizar as bobinas dos motores, permitindo funcionamento seguro apenas com alimentação USB ou bateria 9V. Para ser acionado depende por enquanto de um sensor *touch*.

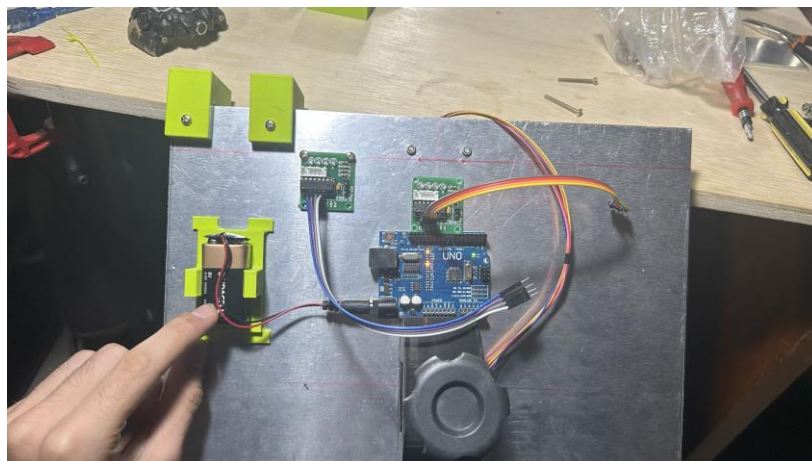


Figura 7 – Disposição prévia dos componentes eletrônicos

Fonte: Autoria própria

#### 5.4 Modelagem

A modelagem tridimensional do protótipo foi realizada no software SolidWorks (Figura 8 e 9), permitindo a representação precisa dos volumes, encaixes e componentes funcionais do suporte de leitura. O modelo foi desenvolvido a partir das dimensões reais dos componentes eletrônicos utilizados, como sensores infravermelhos, microcontroladores e motores para acionamento do virador de páginas, assegurando sua acomodação adequada sem comprometer a estabilidade do produto.

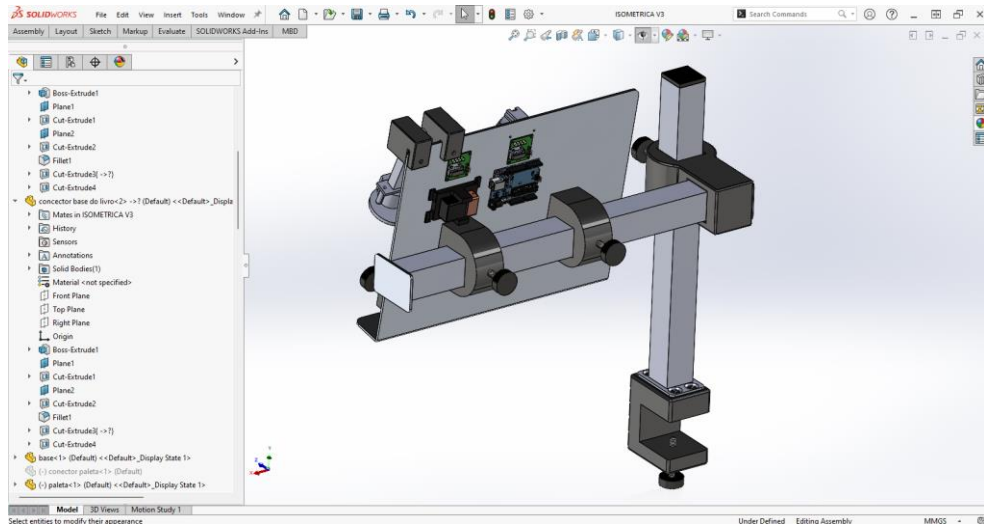


Figura 8 – Vista isométrica traseira no SolidWorks

Fonte: Autoria própria

A modelagem no SolidWorks também permitiu realizar testes virtuais de montagem e ajustes de tolerância, possibilitando simulações estruturais e avaliações ergonômicas preliminares. Dessa forma, a modelagem 3D cumpriu um papel essencial na validação dos requisitos técnicos e na preparação para a fase de prototipagem física.

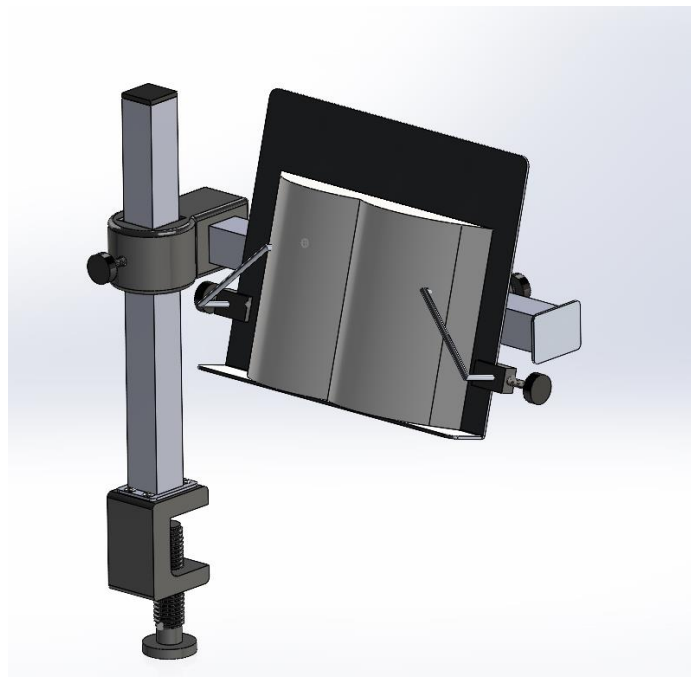


Figura 9 – Vista isométrica com livro simulado

Fonte: Autoria própria

## 5.5 Embasamento ergonômico

Entre os principais achados na pesquisa aplicada por formulário, destacaram-se a queixa recorrente de dores no pescoço e ombros, causadas pela inclinação prolongada da cabeça, e a dificuldade em manter uma posição confortável por longos períodos. Também foi percebido que muitos usuários costumam ler livros de tamanho médio (Figura 10), ou seja, livros que normalmente correspondem aproximadamente a 13,5 x 21 cm a 15 x 23 cm. A escolha desse padrão visou garantir compatibilidade com a maior parte das obras impressas disponíveis no mercado nacional e internacional, permitindo uma aplicação mais abrangente do produto.

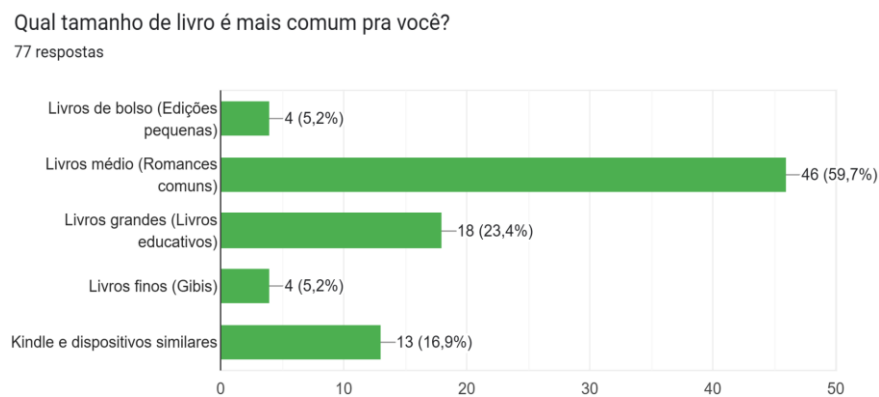


Figura 10 – Dado de tamanho de livro no Google Forms

Fonte: Autoria própria

Ao desenvolver um suporte de leitura ergonômico, é essencial considerar as variações corporais dos usuários para garantir conforto e acessibilidade. Utilizando os dados das NORMA DIN 33402 (1981) que trazem medidas da altura dos olhos em diferentes percentis, foi possível modelar no SolidWorks um suporte ajustável que atende desde usuários de estatura menor (percentil 5°) até os mais altos (percentil 95%). Esta norma orienta o uso de dados antropométricos em projetos, foi fundamental para definir as dimensões ideais, como a altura regulável do suporte e o espaçamento entre apoios, garantindo que o produto se adapte a diferentes posturas de leitura.

Com simulações no SolidWorks, testamos o design em contexto, verificando se o suporte mantém a estabilidade e o conforto em todas as faixas de percentis. Essa

abordagem não só melhora a usabilidade, mas também evita problemas como fadiga muscular ou má postura. Assim, a combinação de dados antropométricos, normas técnicas e ferramentas de modelagem 3D resultou em um suporte de leitura mais inclusivo e funcional (figura 11).

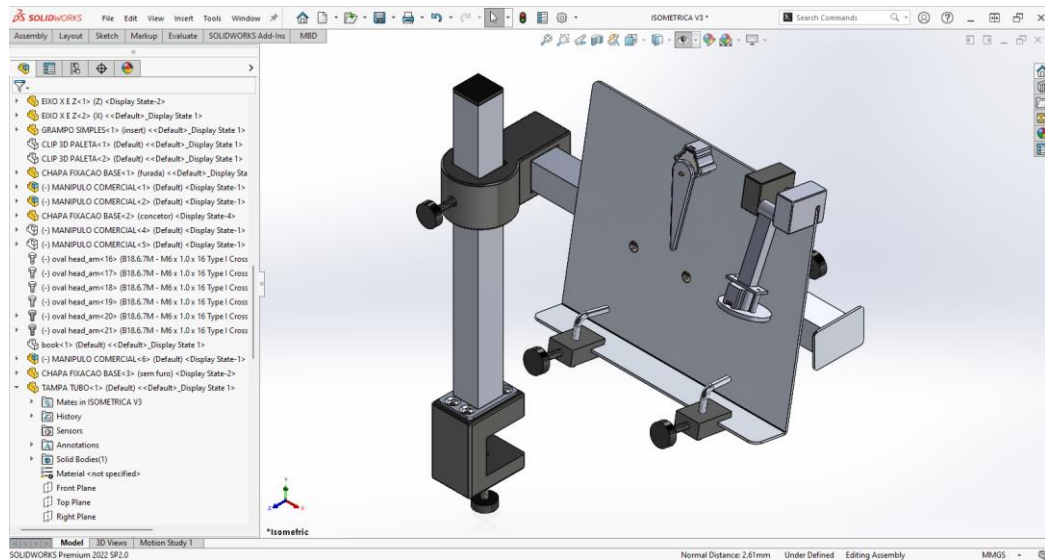


Figura 11 – Vista isométrica do protótipo

Fonte: Autoria própria

## 5.6 Impressão 3D

As peças do protótipo foram impressas em PLA utilizando a impressora 3D Ender 3 V3 KE, com configurações otimizadas para garantir resistência e estabilidade mecânica. Entre os principais parâmetros, adotou-se altura de camada de 0,2 mm, que oferece bom equilíbrio entre qualidade superficial e tempo de impressão, e espessura das paredes externas de 1,2 mm, contribuindo para maior robustez estrutural. O preenchimento foi configurado em 35% com o padrão Gyroide, fornecendo rigidez interna adequada sem comprometer o peso das peças. A temperatura do bico foi ajustada para 210 °C e da mesa para 65 °C, promovendo boa adesão entre as camadas e reduzindo a possibilidade de delaminação. A velocidade de impressão foi mantida em 60 mm/s nas paredes e 70 mm/s no preenchimento, priorizando a integridade mecânica ao invés da velocidade máxima. Esses ajustes foram essenciais para assegurar que o suporte suportasse o peso dos livros e mantivesse a firmeza necessária durante o uso (Figura 12 e 13).



Figura 12 – Impressão conector eixos  
Fonte: Aatoria própria



Figura 13 – Impressão grampo tipo C  
Fonte: Aatoria própria

O suporte foi desenvolvido com foco na leveza e resistência estrutural, utilizando dois tubos quadrados de alumínio de 1.1/2" (polegada) para a sustentação principal, garantindo alta rigidez com baixo peso. Complementando a estrutura, foi empregada chapa de alumínio de 3 mm de espessura soldada no tubo por solda TIG

(Figura 14), conferindo robustez às superfícies de apoio e às áreas de fixação sem comprometer a portabilidade do equipamento. A combinação desses materiais possibilita uma estrutura resistente, leve e de fácil manuseio, reduzindo significativamente a carga total e melhorando a ergonomia do conjunto.



Figura 14 – Peças base impressas em 3D e Tubo de alumínio com chapas soldadas

**Fonte: Autoria própria**

### **5.7 Testes e Validação do Protótipo**

A validação do protótipo foi realizada por meio de testes informais simulando situações reais de uso, com o objetivo de verificar se os requisitos ergonômicos e funcionais definidos durante o projeto foram de fato atendidos na prática. Os testes envolveram a utilização do suporte observando o conforto postural, a usabilidade dos ajustes e a funcionalidade do sistema de virada automática de páginas.

Os resultados demonstraram que o ajuste de altura, realizado por meio de manípulos posicionados no eixo vertical, permitiu a adequação do plano de leitura à linha de visão do usuário, contribuindo para a manutenção de uma postura correta e evitando flexões excessivas da coluna cervical. O ajuste de altura tem uma faixa de

ajuste de 40cm. Esse fator é essencial para a prevenção de desconfortos musculoesqueléticos, conforme apontado pela Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO, 2011). Dessa mesma forma, a posição garantida pelo suporte possibilitou que o ângulo de leitura permanecesse entre 15° e 30° abaixo da linha horizontal dos olhos, atendendo à faixa recomendada para uma leitura confortável e ergonomicamente segura.

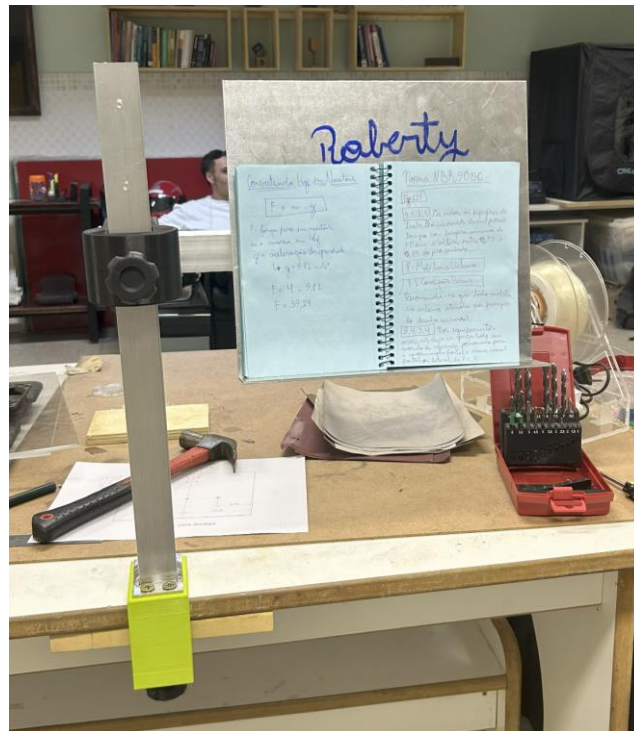


Figura 15 – Protótipo montado sem mecanismo para virar páginas

Fonte: Autoria própria

O sistema de fixação com grampo e manípulo demonstrou-se eficiente para acoplar o suporte em diferentes superfícies, como mesas e cabeceiras, mantendo a estrutura firme e estável (Figura 15). Além disso, os ajustes foram considerados simples e intuitivos, mesmo por usuários com menor força ou destreza manual, graças ao uso de manípulos anatômicos com boa área de preensão. Por fim, o virador de página automatizado com sensor de toque respondeu adequadamente aos comandos durante os testes, cumprindo sua função de facilitar a leitura contínua e ampliar a autonomia do usuário (Figura 16). Assim, os testes confirmaram a viabilidade técnica e funcional do protótipo e reforçaram a importância da abordagem centrada no usuário adotada durante o desenvolvimento.

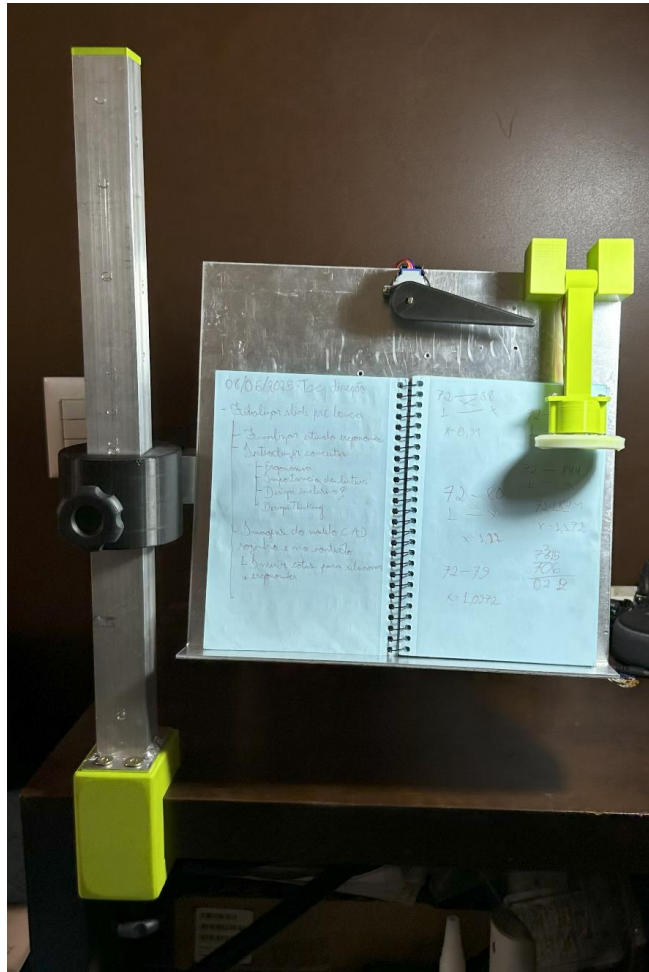


Figura 16 – Protótipo montado com caderno espiral

Fonte: Autoria própria

Apesar dos resultados positivos obtidos nos testes informais, foram identificadas oportunidades de melhoria que poderão ser exploradas em versões futuras do protótipo. Uma delas diz respeito à integração mais precisa entre o sistema de virada de páginas e os livros reais, considerando variações no tipo de papel, espessura das folhas e encadernação (Figura 17 e 18). Para garantir um desempenho mais uniforme, será necessário realizar ajustes na pressão exercida pelas paletas móveis sobre as páginas, evitando tanto o deslizamento ineficaz quanto o risco de rasgo.

Protótipo em teste: <https://youtu.be/fsdwqXdbTbE>

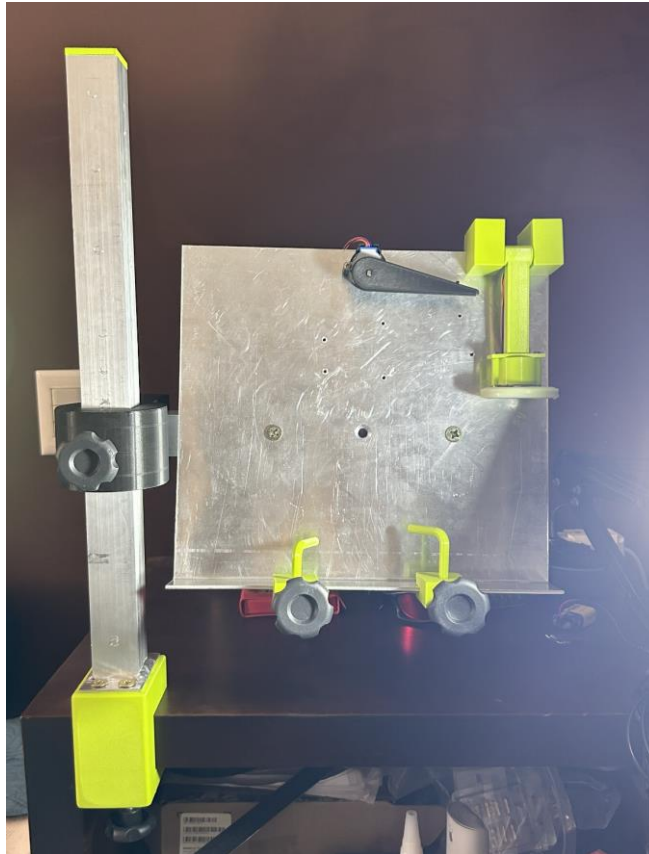


Figura 17 – Protótipo montado com palhetas inferiores

Fonte: Autoria própria



Figura 18 – Base para livro montada em contexto

Fonte: Autoria própria

## **6. Discussão dos Resultados**

### **6.1 Avaliação Ergonômica**

A partir da análise dos testes realizados, a avaliação ergonômica do suporte desenvolvido demonstrou pontos positivos quanto à sua funcionalidade básica, sobretudo no que se refere à estabilidade do equipamento e ao auxílio na sustentação do material de leitura. O produto apresentou potencial para reduzir esforços físicos relacionados à postura inadequada, contribuindo para maior conforto durante a leitura prolongada. No entanto, foram observados aspectos que podem ser aprimorados, especialmente na adaptação a diferentes tipos de usuários e contextos de uso, indicando a necessidade de ajustes no posicionamento, no acionamento do mecanismo e no suporte aos livros de variados tamanhos.

### **6.2 Limitações do Projeto**

O protótipo não possui ajustes automáticos para usuários com limitações severas de mobilidade ou controle motor fino, dependendo de certa interação manual para sua configuração inicial. Dessa forma, o produto se aproxima mais de um design inclusivo com foco em conforto ergonômico, do que de uma solução plenamente universal, o que abre possibilidades para futuras versões mais acessíveis e personalizáveis.

É válido ressaltar que, durante o desenvolvimento deste projeto, ainda não foi possível adaptar de maneira eficiente um mecanismo automatizado para o virar de páginas em livros comuns, especialmente aqueles com encadernação rígida. Dessa forma, os testes preliminares foram realizados utilizando um caderno com encadernação em espiral, que possibilitou avaliar a funcionalidade estrutural do suporte e coletar dados iniciais sobre usabilidade. Este procedimento foi adotado como etapa exploratória, visando ajustes futuros que permitam ampliar a compatibilidade do suporte para diferentes tipos de livros.

### **6.3 Potenciais de aplicação**

Observou-se também o potencial de aplicação do suporte em diferentes ambientes, incluindo espaços hospitalares, educacionais e domésticos. Em hospitais, o dispositivo pode auxiliar pacientes em reabilitação ou em longos períodos de

internação, promovendo maior autonomia nas atividades de leitura. Em ambientes educacionais, o suporte pode favorecer estudantes com dificuldades motoras ou proporcionar maior conforto durante o estudo. Já em residências, sua utilização contribui para práticas de leitura mais ergonômicas, prevenindo dores musculares e promovendo bem-estar.

#### **6.4 Acessibilidade e Ergonomia**

Por fim, as considerações acerca da acessibilidade, usabilidade e bem-estar destacaram pontos positivos e desafios. O suporte favorece a ergonomia e o bem-estar ao reduzir posturas desconfortáveis, mas ainda carece de ajustes mais intuitivos e mecanismos automáticos para garantir acessibilidade plena. A usabilidade foi considerada satisfatória para o público geral, mas recomenda-se a introdução de melhorias nos comandos e interfaces físicas para ampliar o acesso a pessoas com diferentes níveis de habilidade física e cognitiva, buscando aprimorar a experiência do usuário em futuras iterações do projeto.

#### **6.5 Melhorias sugeridas**

Para o próximo protótipo, recomenda-se o aprimoramento do mecanismo responsável pelo acionamento das páginas, contemplando melhorias em sua eficiência e versatilidade. Destaca-se a implementação de um sistema de ajuste que possibilita a compatibilidade com livros de diferentes tamanhos e formatos, assegurando maior adaptabilidade do equipamento. Além disso, é proposto o aumento da velocidade de acionamento do mecanismo, permitindo um manuseio mais ágil durante a leitura. Também se considera relevante o desenvolvimento de uma funcionalidade que possibilite o movimento inverso, ou seja, o retorno das páginas de trás para frente, ampliando a autonomia do dispositivo. Outra adição fundamental consiste na criação de um sistema que mantenha o livro aberto adequadamente, bem como de elementos de fixação para segurar as páginas já viradas, garantindo estabilidade e melhor usabilidade durante o uso. Complementar a essas melhorias, recomenda-se a programação de um sensor com câmera para identificar comandos gestuais ou movimentos do usuário, viabilizando a ativação do mecanismo de forma automatizada e sem a necessidade de contato físico, o que amplia o potencial de acessibilidade do produto.

Também observou-se que o atrito gerado pela roda do mecanismo, não é suficiente para garantir a aderência adequada à superfície da página. Para alcançar este desempenho, torna-se essencial realizar uma pesquisa aprofundada sobre materiais de revestimento para a roda, buscando alternativas que proporcionem maior atrito sem danificar o papel, como borrachas com texturas específicas, revestimentos em silicone ou materiais emborrachados de alta aderência.

Destaca-se a necessidade de aprimorar o design do suporte, buscando um equilíbrio ideal entre a pressão exercida pelas palhetas, responsáveis por manter o livro aberto, e a eficiência de um possível mecanismo para o virar de páginas. Esse ajuste é fundamental para garantir que o livro permaneça firme durante a leitura, sem comprometer a facilidade de movimentar as páginas. O desenvolvimento de um sistema integrado e ajustável permitirá maior versatilidade ao produto, ampliando sua usabilidade para diferentes tipos de livros e preferências dos usuários.

No que se refere aos demais aspectos estruturais e funcionais, recomenda-se o uso de materiais mais resistentes e adequados, especialmente a fabricação de peças através da impressão 3D utilizando materiais de engenharia como Nylon e Policarbonato, conferindo maior robustez e durabilidade ao produto. Também se propõe a realização de acabamentos em todas as peças, com o abaulamento das quinas para evitar arestas cortantes e aumentar a segurança no manuseio.

## **7. Conclusão**

Conclui-se que o protótipo desenvolvido cumpre com os objetivos propostos de proporcionar conforto e acessibilidade na leitura. O projeto se mostra aplicável em diversos contextos, como ambientes hospitalares, educacionais e domésticos, sendo uma solução ergonômica promissora que contribui tanto para o bem-estar quanto para a inclusão de usuários com necessidades especiais.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ERGONOMIA (ABERGO). Manual técnico de ergonomia. São Paulo: ABERGO, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050: acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

BANZI, Massimo; SHILOH, Michael. Arduino: fundamentos e aplicações. 2. ed. São Paulo: Novatec, 2015.

BERMAN, Barry. 3-D printing: The new industrial revolution. Business Horizons, v. 55, n. 2, p. 155–162, 2012.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília: Senado Federal, 1988.

BRASIL. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 07 jul. 2015.

BROWN, Tim. Change by Design: how Design Thinking creates new alternatives for business and society. Boston: Harvard Business Press, 2009.

CHARTIER, Roger. A aventura do livro: do leitor ao navegador. São Paulo: UNESP, 1999.

CHILDS, D. W.; HARRISON, D. Adjustable book holder with automatic page turning mechanism. Patente US6611362B2, 26 ago. 2003. Disponível em: <https://patents.google.com/patent/US6611362B2/en>. Acesso em: 22 jul. 2025.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. DIN 33402: Körpermaße des Menschen – Begriffe, Messpunkte und Messbedingungen. Berlin: Beuth Verlag, 1981.

GIL, Antônio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

HANSRAJ, K. K. Assessment of stresses in the cervical spine caused by posture and position of the head. *Surgical Technology International*, v. 25, 2014.

HSU, C.-W. Multi-angle book support with page retention system. Patente US20050120601A1, 9 jun. 2005. Disponível em: <https://patents.google.com/patent/US20050120601A1/en>. Acesso em: 22 jul. 2025.

IIDA, Itiro. *Ergonomia: projeto e produção*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

IIDA, Itiro. *Ergonomia: projeto e produção*. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2016.

LIEDTKA, Jeanne; OGILVIE, Tim. *Designing for Growth: a Design Thinking toolkit for managers*. New York: Columbia University Press, 2014.

MONK, Simon. *Programação com Arduino: comece a desenvolver com a plataforma Arduino*. 1. ed. São Paulo: Novatec, 2013.

NEUPANE, S. et al. Text neck syndrome: systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 15, n. 7, 2018.

PAHL, Gerhard; BEITZ, Wolfgang. *Projeto na engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

PULLIN, Graham. *Design meets disability*. Cambridge: MIT Press, 2009.

ROBINSON, Andrew; LOPRESTI, Michael. *Raspberry Pi Cookbook: software and hardware problems and solutions*. 3rd ed. Sebastopol: O'Reilly Media, 2019.

SALDANHA, Mônica Cristina. Design Thinking na prática: estudo de caso sobre a prototipagem rápida no desenvolvimento de produtos inovadores. *Revista de Design, Tecnologia e Sociedade*, v. 2, n. 1, 2015.

VASANTHAN, L. et al. Text Neck Syndrome: a growing epidemic. *Journal of Clinical Research*, 2021.

VLADCONTROL. Motor de passo 28BYJ-48 + ULN2003: Arduino Básico. Disponível em: [http://www.vladcontrol.com.br/arduino-basico/motor-de-passo-28byj-48-uln2003/#google\\_vignette](http://www.vladcontrol.com.br/arduino-basico/motor-de-passo-28byj-48-uln2003/#google_vignette). Acesso em: 10 jul. 2025.:

ELETROGATE. O que é Arduino: para que serve, vantagens e como utilizar. Disponível em : <https://blog.eletrogate.com/o-que-e-arduino-para-que-serve-vantagens-e-como-utilizar/>. Acesso em: 22 jul. 2025.

### APÊNDICE A — Código Arduino

```
#include <Stepper.h>
// Configuração dos motores
const int stepsPerRevolution = 2038; // Valor para motor 28BYJ-48
Stepper firstStepper(stepsPerRevolution, 8, 10, 9, 11);
Stepper secondStepper(stepsPerRevolution, 4, 6, 5, 7);

// Pino do sensor de toque capacitivo
const int touchPin = 3;
bool sequenceActive = false;
bool touchDetected = false;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(touchPin, INPUT);

  // Novas velocidades ajustadas:
  firstStepper.setSpeed(12); // Aumentado de 8 para 12 RPM (avanço/retorno
  mais rápido)
  secondStepper.setSpeed(10); // Velocidade reduzida para melhor sincronismo

  releaseMotors();
  Serial.println("Sistema pronto - Aguardando toque...");
}

void loop() {
  bool currentTouchState = digitalRead(touchPin);

  if(currentTouchState == HIGH && !touchDetected && !sequenceActive) {
    touchDetected = true;
    Serial.println("Toque detectado - Iniciando...");
    sequenceActive = true;
    runOptimizedSequence();
  }

  if(currentTouchState == LOW && touchDetected) {
    touchDetected = false;
  }
}

void runOptimizedSequence() {
  // 1. SecondStepper: QUARTO de volta (509 passos - metade da metade)
  energizedMotors();
  Serial.println("SecondStepper: 1/4 de volta");
}
```

```
secondStepper.step(509); // Reduzido pela metade (era 1019)

// 2. Delay antes do firstStepper (1.5s)
delay(1500);

// 3. FirstStepper: 190° rápido (1075 passos)
Serial.println("FirstStepper: 190° rápido");
for(int i = 0; i < 1075; i++) {
  firstStepper.step(1);
  delay(8); // Reduzido de 10ms para 8ms (mais rápido)
  if(i % 150 == 0) releaseMotors(); // Ajustado o intervalo
}
// 4. Pausa antes do retorno (1s)
delay(1000);
// 5. Retorno RÁPIDO do firstStepper
Serial.println("FirstStepper: retorno rápido");
for(int i = 0; i < 1075; i++) {
  firstStepper.step(-1);
  delay(8); // Mesma velocidade de retorno
  if(i % 150 == 0) releaseMotors();
}
releaseMotors();
sequenceActive = false;
Serial.println("Ciclo completo! Pronto para novo toque.");
}
```

## **AGRADECIMENTOS**

A realização deste trabalho não seria possível sem o apoio e incentivo de pessoas especiais que contribuíram direta ou indiretamente para a conclusão desta etapa da minha vida acadêmica.

Agradeço primeiramente a força, saúde e perseverança durante toda a jornada.

Aos meus pais, pelo amor incondicional, pelo apoio constante e pelos ensinamentos que sempre me guiaram a ser uma pessoa melhor. Ao meu irmão, pela amizade, apoio e companheirismo em todos os momentos.

Agradeço ao Instituto Federal de Brasília – Campus Samambaia pelo apoio institucional e pela capacitação oferecida ao longo do curso. Agradeço também ao MULTLAB pelo apoio técnico e pela disponibilização dos recursos utilizados no desenvolvimento deste trabalho.

Em especial, agradeço ao meu orientador Frederico de Souza, pela paciência, dedicação, atenção e valiosas contribuições, que foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.