



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENFERMAGEM
MESTRADO EM ENFERMAGEM

MILENA DOS ANJOS CASTRO LESSA

PROTÓTIPO ELETROMECAÂNICO PARA MUDANÇA DE DECÚBITO

SÃO CRISTÓVÃO
2025

MILENA DOS ANJOS CASTRO LESSA

PROTÓTIPO ELETROMECÂNICO PARA MUDANÇA DE DECÚBITO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em enfermagem da Universidade Federal de Sergipe como requisito para obtenção do título de Mestre em Enfermagem.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Yung dos Santos Maciel.

Linha de pesquisa: Gestão do cuidado no contexto do SUS e as políticas em saúde e enfermagem.

Área de Concentração: Enfermagem, cuidado e saúde

SÃO CRISTÓVÃO
2025

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

L638p Lessa, Milena dos Anjos Castro
Protótipo eletromecânico para mudança de decúbito /
Milena dos Anjos Castro Lessa ; orientador Leonardo Yung
dos Santos Maciel. – São Cristóvão, SE, 2025.
82 f. : il.

Dissertação (mestrado em Enfermagem) –
Universidade Federal de Sergipe, 2025.

1. Enfermagem. 2. Úlcera por pressão. 3. Pronação -
Manobras. 4. Inovações tecnológicas - Enfermagem. I. Maciel,
Leonardo Yung dos Santos, orient. II. Título.

MILENA DOS ANJOS CASTRO LESSA

PROTÓTIPO ELETROMECAÂNICO PARA MUDANÇA DE DECÚBITO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em enfermagem da Universidade Federal de Sergipe como requisito para obtenção do título de Mestre em Enfermagem.

Orientadora: Prof. Dr. Leonardo Yung dos Santos Maciel.

Linha de pesquisa: Gestão do cuidado no contexto do SUS e as políticas em saúde e enfermagem.

Área de Concentração: Enfermagem, cuidado e saúde

Aprovada em: __/__/____

Banca examinadora:

Leonardo Yung dos Santos Maciel - Doutor em Ciências da Saúde – UFS

Allan Dantas dos Santos – Doutor em Ciências da Saúde - UFS

Lysandro Pinto Borges – Doutor em Bioquímica Toxicológica - UFSM

AGRADECIMENTOS

A Deus, por toda força, sabedoria e esperança; Ele que me amparou nos momentos em que pensei que não conseguiria seguir, iluminou meus caminhos quando tudo parecia escuro e me ensinou a nunca desistir.

À minha mãe, dona Neide, que foi mãe e pai, minha fortaleza e meu porto seguro. Seu amor incondicional e seus sacrifícios foram a base para que eu pudesse sonhar e alcançar cada passo dessa jornada. Mesmo sem entender o significado do mestrado, você acreditou em mim e nunca deixou que eu duvidasse do meu potencial.

Ao meu amigo/irmão Davi, que me inspirou a ingressar no mestrado e esteve ao meu lado em cada momento de dúvida, sempre com paciência, carinho e disposição para me ajudar a enfrentar os desafios.

Aos meus amigos do mestrado — Leomárcio, meu “irmão gêmeo”, que compartilhou comigo não só datas e desafios, mas sonhos e esperanças; Mayara, amiga verdadeira, que levarei no coração para sempre; Isabelita, que com sua presença generosa fez tudo parecer mais fácil; Jéssica, Enoque, Rafaela, Jeferson, Lucas, Yonara, Kelly e Elaine, que tornaram essa etapa mais leve com sua amizade e apoio. Vocês foram minha rede de segurança nos dias difíceis.

Meu mais profundo e sincero agradecimento ao meu orientador Leonardo, cuja orientação foi muito além dos aspectos acadêmicos. Sua paciência, sensibilidade e compromisso fizeram toda a diferença. Desde nossa primeira reunião, ele acreditou no meu potencial mesmo quando eu mesma duvidava, sempre pronto a oferecer palavras de incentivo, críticas construtivas e apoio constante. Sua humanidade e dedicação transformaram um processo muitas vezes árduo em uma jornada de crescimento pessoal e profissional. Sou imensamente grata por ter aprendido e crescido sob sua orientação.

Aos professores Caique, Shirley, Allan e Cassiane, cujos ensinamentos e dedicação foram fundamentais para minha formação. Vocês não apenas compartilharam conhecimento, mas também me inspiraram e motivaram com cada palavra de apoio.

À minha família e amigos — Lúcia, Clara, Mayara, Natália, Manu (Dindinha), Glória e Nice — e também ao Douglas, amigo que sempre me ajudou nos apertados ou, quando não podia, trazia leveza com suas piadas e o carinho do Luke, e à Thainá, amiga que a enfermagem me deu, que dividiu plantões comigo para que eu pudesse estar presente nas aulas — todos vocês foram faróis de esperança, apoio e amor nos momentos em que mais precisei.

Esta conquista é fruto não só do meu esforço, mas do amor, da amizade e da fé de cada um que caminhou comigo. Que este trabalho seja uma pequena homenagem a vocês, que estiveram comigo em cada passo, com seus gestos, palavras e presença.

Que esta etapa encerrada hoje seja apenas o começo de uma trajetória de luz, aprendizado e realizações, guiada pela esperança de transformar não só a minha vida, mas também a vida daqueles que cruzarem meu caminho.

RESUMO

LESSA, Milena dos Anjos Castro Lessa. **Projeto eletromecânico para mudança de decúbito**. 2025. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Enfermagem, Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, 2025.

As lesões por pressão (LPP) constituem um problema de saúde pública com repercussões clínicas, sociais e econômicas relevantes, especialmente em pacientes hospitalizados por longos períodos. Paralelamente, a síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA) representa uma condição crítica em unidades de terapia intensiva, em que a manobra de pronação tem se mostrado eficaz na melhora da oxigenação e no suporte respiratório. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo desenvolver e avaliar um protótipo eletromecânico de baixa fidelidade capaz de realizar mudanças de decúbito, incluindo a posição prona, como estratégia preventiva de LPP e de apoio terapêutico em quadros de insuficiência respiratória. Trata-se de uma pesquisa aplicada, de caráter experimental e exploratório, conduzida por meio da modelagem, impressão 3D e testes funcionais do dispositivo em ambiente laboratorial. O protótipo demonstrou viabilidade técnica ao executar movimentos de rotação lateral de até 180° e posicionamento em pronação, com precisão e repetibilidade satisfatórias. Destaca-se ainda o potencial de impacto econômico, uma vez que o custo estimado de produção é inferior ao de tecnologias hospitalares atualmente disponíveis, configurando uma alternativa custo-efetiva para instituições públicas e privadas. Apesar dos resultados promissores, ressalta-se a necessidade de ensaios clínicos em escala real, além da conformidade regulatória com a ANVISA, ISO 13485 e IEC 60601, a fim de garantir segurança, eficácia e aplicabilidade hospitalar. Conclui-se que a solução proposta contribui para a inovação em enfermagem e engenharia biomédica, oferecendo uma ferramenta tecnológica viável tanto para a prevenção de LPP quanto para o manejo respiratório de pacientes com SDRA.

Descritores: Tecnologia assistiva; Mudança de decúbito; Lesões por pressão; Prototipagem; Enfermagem.

ABSTRACT

LESSA, Milena dos Anjos Castro Lessa. **Electromechanical project for patient repositioning**. 2025. Master's Dissertation – Graduate Program in Nursing, Federal University of Sergipe, Sergipe, 2025.

Pressure injuries (PI) remain a major public health problem, with significant clinical, social, and economic impact, particularly among long-term hospitalized patients. At the same time, acute respiratory distress syndrome (ARDS) represents a critical condition in intensive care units, in which prone positioning has proven effective in improving oxygenation and respiratory support. In this context, the present study aimed to develop and evaluate a low-fidelity electromechanical prototype capable of performing position changes, including prone positioning, as both a preventive strategy against PI and a therapeutic support tool in cases of respiratory failure. This is an applied, experimental, and exploratory research, conducted through 3D modeling, additive manufacturing, and functional testing of the device in a laboratory setting. The prototype demonstrated technical feasibility by performing lateral rotations of up to 180° and achieving prone positioning with satisfactory accuracy and repeatability. Its potential economic impact is also noteworthy, since the estimated production cost is significantly lower than currently available hospital technologies, thus representing a cost-effective alternative for both public and private institutions. Although the results are promising, further full-scale trials and regulatory compliance with ANVISA, ISO 13485, and IEC 60601 standards are required to ensure safety, clinical efficacy, and hospital applicability. In conclusion, the proposed solution contributes to innovation in nursing and biomedical engineering, offering a feasible technological tool for both PI prevention and respiratory management in ARDS patients.

Keywords: Assistive technology; Patient repositioning; Pressure injuries; Prototyping; Nursing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura

Figura 2: Esquemático Módulo de Controle

Figura 3: Vista superior do 3D da case do módulo de Controle

Figura 4: Vista isométrica do 3D da case do módulo de Controle

Figura 5: Módulo de controle finalizado

Figura 6: Parte interna do módulo de controle

Figura 7: Esquemático Módulo de acionamento Principal

Figura 8: Vista superior do 3D da case do módulo de Acionamento Principal

Figura 9: Vista isométrica do 3D da case do módulo de Acionamento Principal

Figura 10: Módulo de Acionamento Principal

Figura 11: Parte interna superior do acionamento Principal

Figura 12: Esquemático Módulo de acionamento auxiliar

Figura 13: Vista superior do 3D da case do módulo de Acionamento auxiliar

Figura 14: Vista isométrica do 3D da case do módulo de Acionamento auxiliar

Figura 15: Módulo de Acionamento Auxiliar

Figura 16: Parte interna inferior do acionamento auxiliar

Figura 17: Parte interna superior do acionamento auxiliar

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Tempo de Rotação por Ciclo

Gráfico 2: Ângulo Final da Rotação por Ciclo

Gráfico 3: Tempo de Ajuste de Altura por Ciclo

Gráfico 4: Distribuição dos Tempos de Execução.

Gráfico 5: Comparação de Custos – Protótipo vs Tecnologias de Mercado

LISTA DE SIGLAS

ABS – Acrilonitrila Butadieno Estireno

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

DORT – Doenças Osteomusculares Relacionadas ao Trabalho

FHEMIG – Fundação Hospitalar do Estado de Minas Gerais

INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial

IoT – Internet of Things (Internet das Coisas)

LCD – Liquid Crystal Display (Display de Cristal Líquido)

LPP – Lesão por Pressão

NPIAP – National Pressure Injury Advisory Panel

PLA – Ácido Polilático (polímero utilizado em impressão 3D)

RDC – Resolução da Diretoria Colegiada

RPM – Rotations Per Minute (Rotações por Minuto)

SDRA – Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo

UTI – Unidade de Terapia Intensiva

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 JUSTIFICATIVA.....	15
3 OBJETIVOS.....	16
3.2 3.1 Objetivo geral	16
3.3 Objetivos específicos	16
4 REVISÃO DE LITERATURA	16
5. MÉTODO.....	31
6. RESULTADOS	39
7. DISCUSSÃO.....	57
8. CONCLUSÃO	60
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	61
REFERÊNCIAS	62
APÊNDICES	66

1. INTRODUÇÃO

A mobilização de pacientes hospitalizados, especialmente aqueles em estado crítico, é uma prática indispensável na assistência à saúde, com impactos diretos na prevenção de complicações clínicas, na otimização da oxigenação e no conforto do paciente. Essa demanda, entretanto, impõe desafios operacionais consideráveis às equipes de enfermagem e fisioterapia, particularmente em Unidades de Terapia Intensiva (UTI), onde o número de profissionais frequentemente é insuficiente diante da complexidade dos cuidados requeridos (Silva et al., 2021).

A imobilidade prolongada e a ausência ou inadequação da mudança de decúbito em pacientes acamados configuram um grave problema de saúde pública, responsável pelo desenvolvimento de Lesões por Pressão (LPP), também conhecidas como úlceras de pressão. Essas lesões acometem pacientes em hospitais, clínicas, casas de repouso e residências, afetando significativamente a saúde e qualidade de vida, especialmente em populações vulneráveis, como idosos e pessoas com doenças crônicas (NPIAP, 2019).

As consequências da imobilidade e da falta de reposicionamento são diversas e severas. Para os pacientes, destacam-se dor intensa, risco aumentado de infecções graves, comprometimento da cicatrização, complicações respiratórias e musculoesqueléticas, além do prolongamento do tempo de internação e redução da qualidade de vida (Mendonça et al., 2018; Mervis; Phillips, 2023). Para os profissionais de saúde, a rotina de mudanças posturais envolve esforço físico significativo, risco de lesões musculoesqueléticas e sobrecarga de trabalho, além da necessidade de maior alocação de recursos humanos e financeiros (Gallasch et al., 2020).

Dados epidemiológicos reforçam a magnitude do problema: estima-se que milhões de pacientes desenvolvam LPP anualmente no mundo, com custos bilionários para os sistemas de saúde, decorrentes do tratamento prolongado, uso de curativos especiais, intervenções cirúrgicas e maior tempo de internação (Mervis; Phillips, 2023). No Brasil, prevalências alarmantes foram registradas em unidades hospitalares, chegando a 84,6% em determinados serviços (Silva et al., 2022).

A pressão constante e prolongada em áreas específicas do corpo pode levar à isquemia e à necrose dos tecidos, desencadeando o surgimento das LPP. A rotação regular do paciente,

ou mudança sistemática de decúbito, é a principal estratégia clínica para aliviar essa pressão, promovendo o restabelecimento da circulação sanguínea local e prevenindo o desenvolvimento dessas úlceras. Para pacientes com Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo (SDRA), a mudança de decúbito para a posição prona é fundamental para a melhora da oxigenação pulmonar, redução da mortalidade e melhora da complacência respiratória, conforme demonstrado por diversos estudos clínicos recentes (Guérin et al., 2013; Flor et al., 2022).

As abordagens tradicionais para a mudança de decúbito apresentam limitações que comprometem sua efetividade e segurança. A maioria das mudanças posturais é realizada manualmente por profissionais de saúde, demandando esforço físico intenso, o que pode resultar em lesões musculoesqueléticas, especialmente lombalgias. Além disso, a mobilização manual pode causar desconforto e insegurança no paciente. A escassez de pessoal e a rotina extenuante frequentemente reduzem a frequência e qualidade das mudanças, elevando o risco de LPP (Gallasch et al., 2020).

Existem tecnologias como colchões pneumáticos e camas articuladas que auxiliam na prevenção de LPP e na mudança postural. Contudo, esses dispositivos possuem limitações significativas, como custo elevado, exigência de manutenção constante e complexidade operacional, que restringem sua adoção em muitas instituições. Ademais, não realizam automação completa do reposicionamento, exigindo ainda intervenção manual, o que não elimina riscos ergonômicos e a sobrecarga de trabalho (Silva et al., 2021; Ding et al., 2022).

Durante a pandemia da COVID-19, a mobilização para a posição prona tornou-se procedimento central no tratamento da SDRA. Sua execução exigia quatro a seis profissionais por paciente, com treinamento específico, aumentando risco de acidentes, tempo de execução e consumo de recursos humanos. Em muitos hospitais brasileiros, formaram-se “times de pronação” devido à complexidade e urgência do procedimento (Henriques et al., 2021). Essa sobrecarga evidenciou a urgência de soluções tecnológicas que otimizassem a prática.

Estudos demonstraram que pacientes em decúbito ventral apresentam aumento significativo da saturação de oxigênio e melhora da complacência pulmonar estática, com baixa incidência de eventos adversos graves (Flor et al., 2022; Ananias et al., 2018). Apesar do respaldo científico, a adoção da pronação era tímida antes da pandemia, por medo do deslocamento de dispositivos invasivos durante a mudança postural. A COVID-19

impulsionou a padronização de protocolos que destacaram sua eficácia clínica (Pérez et al., 2023).

A alternância postural sistemática é considerada a principal estratégia para prevenir LPP, sendo recomendada a mudança de decúbito a cada duas horas (Artmed, 2025). Porém, a realização manual implica desafios ergonômicos e operacionais, como escassez de pessoal, ausência de dispositivos auxiliares, sobrecarga de trabalho e maior risco de lesões ocupacionais. Doenças osteomusculares relacionadas ao trabalho, principalmente lombalgias, são as principais causas de afastamento entre profissionais de enfermagem (Gallasch et al., 2020). A sobrecarga biomecânica dessas manobras impacta negativamente na assistência.

Os custos associados às LPP vão além do sofrimento dos pacientes, refletindo-se em maior tempo de internação, uso de curativos especiais, procedimentos cirúrgicos reconstrutivos e elevação dos gastos hospitalares. Em Minas Gerais, o custo diário médio para tratamento de LPP varia entre R\$ 16,41 e R\$ 260,18, conforme gravidade da lesão (Ding et al., 2022). Assim, estratégias tecnológicas de prevenção são desejáveis e economicamente viáveis a médio prazo.

Nesse cenário, dispositivos eletromecânicos que automatizam a mudança de decúbito e possibilitam a adoção segura da posição prona surgem como alternativas promissoras para qualificar o cuidado e preservar a saúde dos trabalhadores. Tecnologias assistivas no ambiente hospitalar têm potencial para aumentar eficácia clínica, reduzir incidência de LPP, promover adesão aos protocolos de mobilização e diminuir esforço físico dos profissionais.

Esta dissertação propõe o desenvolvimento de um protótipo eletromecânico de baixa fidelidade voltado à mudança de decúbito, com ênfase nas posições de lateralização e pronação, fundamentais para prevenção de LPP e otimização do suporte ventilatório. O dispositivo será projetado para incorporar funcionalidades essenciais, como lateralização, pronação, elevação das extremidades inferiores, posições de Trendelenburg e anti-Trendelenburg, posição de Fowler e ajuste de altura. A escolha pela impressão 3D como tecnologia de prototipagem visa garantir baixo custo, agilidade de construção e possibilidade de personalização, sobretudo para contextos hospitalares com recursos limitados.

2. JUSTIFICATIVA

A mudança de decúbito é um procedimento essencial no cuidado de pacientes restritos ao leito, especialmente em casos de Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo (SDRA), na qual a posição prona está associada à melhora significativa da oxigenação e à redução de complicações pulmonares (Langer et al., 2021; Escorcio et al., 2023). Além disso, a mobilização frequente e adequada é fundamental para a prevenção de Lesões por Pressão (LPP), condição que, segundo dados epidemiológicos, apresenta alta prevalência em pacientes hospitalizados, elevando o tempo de internação, aumentando custos hospitalares e impactando negativamente a qualidade de vida dos pacientes (Siotos et al., 2020; Ibarra et al., 2020).

Do ponto de vista ocupacional, a realização manual desse procedimento demanda esforço físico significativo, expondo os profissionais de saúde a riscos de lesões musculoesqueléticas, fadiga e sobrecarga assistencial, o que pode comprometer a segurança do trabalhador e a qualidade do atendimento (Bucher et al., 2023). Tais riscos são potencializados em ambientes de alta demanda, como unidades de terapia intensiva, onde a frequência de mudanças de posicionamento é elevada.

Em termos globais, as soluções atualmente disponíveis para reposicionamento de pacientes — como macas motorizadas e sistemas de rotação — ainda apresentam limitações relevantes: custo elevado, indisponibilidade em contextos de baixa e média complexidade, restrições quanto ao espaço físico, manutenção complexa e, muitas vezes, ausência de mecanismos que permitam rotação completa do paciente com segurança. Esses fatores tornam-se barreiras para a adoção em larga escala, principalmente em instituições públicas e em países com recursos limitados (Tingeer, 2023).

Nesse cenário, o desenvolvimento de um protótipo eletromecânico de baixo custo, capaz de realizar rotação bidirecional de 180° com segurança e precisão, apresenta valor social ao contribuir para a humanização e eficiência do cuidado, valor metodológico ao propor uma solução baseada em evidências e princípios de engenharia aplicados à prática clínica, e relevância prática por reduzir o risco de lesões em profissionais, prevenir complicações como LPP e melhorar a oxigenação de pacientes com SDRA e outras condições associadas à imobilidade.

Assim, a proposta tem potencial de gerar benefícios múltiplos: diminuição do esforço físico da equipe de saúde, prevenção de agravos associados à imobilidade, otimização do tempo assistencial, redução de custos hospitalares e ampliação do acesso a tecnologias assistivas em diferentes níveis de atenção à saúde.

3. OBJETIVOS:

3.1. GERAL:

- Desenvolver um protótipo eletromecânico de baixa fidelidade para a realização mudança de decúbito.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estabelecer as especificações técnicas necessárias para a construção do protótipo, considerando os requisitos ergonômicos, funcionais e de viabilidade econômica;
- Formalizar a proteção intelectual do protótipo por meio do registro de patente, garantindo sua exclusividade e potencial para desenvolvimento futuro.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Lesão por Pressão e a Importância da Mudança de Decúbito: Uma Abordagem Baseada em Evidências

As lesões por pressão (LPP), também chamadas de escaras, são um problema significativo na assistência à saúde, especialmente em ambientes hospitalares. Elas são caracterizadas por danos nos tecidos causados pela pressão contínua em áreas específicas do corpo, geralmente em regiões de proeminência óssea, como calcâneos, sacro e cotovelos. A evolução dessas lesões pode variar, indo de um eritema persistente até danos profundos que afetam músculos, tendões e estruturas ósseas (National Patient Safety Foundation, 2016).

A fisiopatologia dessas lesões está relacionada à pressão prolongada exercida sobre a pele e os tecidos subjacentes, levando à isquemia tecidual. Fatores predisponentes, como

umidade excessiva, fricção, cisalhamento e estado nutricional comprometido, exacerbam o risco de desenvolvimento dessas lesões (Rezende et al., 2022).

Pesquisas científicas demonstram que as Lesões por Pressão (LPP) estão associadas a complicações graves, incluindo infecções, aumento da permanência hospitalar e elevação da taxa de mortalidade (Visconti et al., 2023). Portanto, é fundamental adotar medidas preventivas e terapêuticas eficazes, especialmente em unidades de terapia intensiva (UTI), onde a imobilidade prolongada é um fator de risco significativo.

Evidências epidemiológicas indicam que a prevalência das LPP nos serviços hospitalares varia entre 8% e 40%, dependendo do perfil clínico dos pacientes e das condições estruturais e operacionais da instituição (Sugathapala et al., 2023). Fatores predisponentes incluem imobilização prolongada, presença de comorbidades, como diabetes mellitus e doenças cardiovasculares, além da ausência de protocolos eficazes de prevenção e manejo das LPP.

As LPP impõem um fardo econômico considerável aos sistemas de saúde. Estudos indicam que os custos de tratamento variam de 3.000 a 10.000 dólares por paciente, refletindo a necessidade de intervenções terapêuticas complexas, como desbridamento cirúrgico e internações prolongadas (Gillespie et al., 2020). Nesse contexto, a mudança periódica de decúbito é identificada como uma estratégia custo-efetiva, contribuindo para a redução dos custos operacionais e para a melhoria dos indicadores de qualidade assistencial (Cortés; Vásquez, 2024).

As lesões por pressão (LPP) impõem um ônus econômico significativo ao sistema de saúde brasileiro, com custos médios de tratamento por paciente variando entre R\$ 98,90 e R\$ 180,00 por dia, dependendo da gravidade da lesão (Ministério da Saúde. 2021). Além disso, um estudo realizado em Minas Gerais identificou um gasto semestral médio de R\$ 1.886,00 por paciente, totalizando R\$ 113.186,00 no período analisado. Diante desse cenário, a implementação de estratégias preventivas eficazes, como a mudança periódica de decúbito, é fundamental para reduzir tanto a incidência quanto a gravidade das LPP, otimizando o uso dos recursos disponíveis e melhorando a eficiência dos serviços de saúde (Silva et al., 2022).

A prevenção e o manejo das lesões por pressão (LPP) exigem uma abordagem multifatorial, incorporando monitoramento clínico contínuo, implementação de protocolos preventivos baseados em evidências e adoção de tecnologias que facilitem a mobilização segura dos pacientes. A mudança regular de decúbito, associada ao uso de dispositivos automatizados,

emerge como estratégia essencial na redução da incidência de LPP e na minimização dos custos hospitalares relacionados ao tratamento dessas lesões. Estudos destacam que ações de enfermagem, como a prescrição de mudança de decúbito, aplicação de coberturas hidrocoloides e manutenção de uma pele limpa e hidratada, estão associadas à diminuição da ocorrência de LPP em ambientes de terapia intensiva (Barbosa. 2019).

De acordo com Carvalho et al. (2021), a prevenção eficaz das LPP requer uma abordagem multidisciplinar, que envolve a implementação de protocolos de mudança postural, a capacitação das equipes de enfermagem e o emprego de equipamentos hospitalares modernos. As macas ajustáveis, ao permitirem alterações de posição com mínimo esforço físico, otimizam o cuidado prestado ao paciente, contribuindo para a redução das taxas de LPP e para a melhora da qualidade da assistência hospitalar.

A mudança periódica de decúbito é essencial na prevenção de lesões por pressão (LPP), pois reduz a carga mecânica prolongada sobre tecidos cutâneos e subcutâneos. O uso de macas hospitalares tecnologicamente adaptadas facilita a redistribuição da pressão, otimizando o cuidado ao paciente. Dispositivos com ajustes posturais automáticos, como inclinação do dorso e rotação lateral, minimizam a incidência dessas lesões (Rivera et al., 2020). Além disso, colchões de suporte dinâmico e almofadas de alívio de pressão promovem a distribuição uniforme do peso corporal, prevenindo complicações decorrentes da imobilização prolongada.

A incorporação de tecnologias inovadoras no design de macas hospitalares tem aprimorado a prevenção de lesões por pressão (LPP). Batista et al. (2022) destacam que sistemas pneumáticos e elétricos, capazes de ajustar automaticamente a pressão sobre diferentes regiões do corpo, são altamente eficazes na redistribuição da carga mecânica. Essas tecnologias mantêm a pressão uniforme, favorecem a perfusão sanguínea e reduzem a necessidade de movimentações manuais frequentes, mitigando riscos ergonômicos para os profissionais de saúde.

Dessa forma, a prevenção e o manejo das LPP devem ser encarados como uma prioridade nas unidades de saúde, exigindo uma abordagem integrada que combine mudanças posturais regulares, uso de dispositivos de alívio de pressão e a incorporação de tecnologias inovadoras. O aprimoramento dos equipamentos hospitalares, especialmente das macas, desempenha um papel crucial na redução da incidência dessas lesões, garantindo maior

segurança ao paciente e melhor condição de trabalho para os profissionais da saúde (Silva et al., 2020).

4.2. A Posição de Pronação no Manejo de Pacientes com Desconforto Respiratório: Benefícios Fisiológicos e o Papel das Macas Hospitalares

A posição de pronação, definida pelo decúbito ventral, é uma estratégia eficaz no manejo de pacientes com insuficiência respiratória grave, especialmente na Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo (SDRA). Estudos demonstram que essa intervenção melhora a oxigenação arterial e a distribuição ventilatória, promovendo maior homogeneidade na ventilação pulmonar (Farias et al., 2021). O efeito fisiopatológico decorre da redução da compressão das vias aéreas, diminuição do colapso alveolar e melhora na relação ventilação- perfusão, contribuindo para a estabilização respiratória (Chesani et al., 2020).

A indicação da pronação é preconizada para pacientes com hipoxemia refratária, quando as estratégias convencionais de suporte ventilatório, como a ventilação mecânica em decúbito dorsal, tornam-se insuficientes para manter uma oxigenação adequada (Pereira Leite et al., 2022). Essa técnica promove uma perfusão mais eficiente das regiões pulmonares dorsais previamente colapsadas, reduzindo a desproporção ventilatória e otimizando a distribuição do oxigênio (Silva et al., 2020).

Apesar dos benefícios clínicos da posição de pronação, sua aplicação apresenta desafios práticos significativos. Trata-se de uma posição não fisiológica, que pode causar desconforto, favorecer o desenvolvimento de lesões por pressão e risco de obstrução ou deslocamento de dispositivos invasivos como tubos endotraqueais e cateteres (Ali; Kamble, 2019; ATSDR, 2013). Além disso, a tensão circulatória provocada pela pronação pode agravar a instabilidade hemodinâmica, tornando o procedimento de alto risco em pacientes com pressão intracraniana elevada, fraturas instáveis ou cirurgias recentes, que figuram entre as contraindicações relativas (Ali; Kamble, 2019; My American Nurse, 2023).

A logística da manobra — que pode demandar posicionamentos prolongados, muitas vezes superiores a 16 horas — requer equipe multiprofissional bem treinada, coordenação precisa e equipamentos adequados, sobretudo para evitar complicações como extubação

acidental, deslocamento de acesso venoso e lesões nervosas (Ali; Kamble, 2019; My American Nurse, 2023). Estudos recentes também destacam que o procedimento pode afetar negativamente a estabilidade hemodinâmica, especialmente quando realizado sem monitoramento rigoroso — evidenciando a necessidade de protocolos especializados e condições estruturais apropriadas (Lai et al., 2023; Cornejo et al., 2022).

Nesse contexto, a manipulação do paciente em pronação demanda técnicas especializadas e recursos específicos para minimizar riscos. Macas hospitalares ajustáveis e ergonomicamente projetadas desempenham papel fundamental nesse processo, permitindo mudanças de decúbito mais seguras, reduzindo o esforço físico da equipe e oferecendo maior estabilidade e conforto ao paciente (Gürün et al., 2020). O design funcional desses equipamentos é determinante para a eficiência da manobra, impactando diretamente nos desfechos clínicos (Medeiros, 2020).

Assim, a posição de pronação se mantém como estratégia terapêutica essencial no manejo da SDRA e de outros quadros de insuficiência respiratória. A associação de conhecimento técnico especializado com macas hospitalares tecnologicamente avançadas potencializa os benefícios clínicos, aumenta a segurança e otimiza o suporte prestado à equipe de saúde durante a execução do procedimento (Langer et al., 2021).

4.3. Tecnologias Hospitalares Contemporâneas: Análise de Macas e Equipamentos para a Otimização do Manejo de Pacientes

Nos últimos anos, a incorporação de inovações tecnológicas tem desempenhado um papel fundamental na qualificação dos cuidados hospitalares, com ênfase na mobilização e no manejo de pacientes (Pires, 2024). Dispositivos como macas, leitos hospitalares e sistemas automatizados de movimentação representam soluções essenciais para garantir a segurança do paciente e a ergonomia dos profissionais de saúde, além de mitigar riscos ocupacionais (Sedge Ergonomia, 2025). Esses equipamentos são essenciais no contexto hospitalar, promovendo maior eficiência operacional e conforto ao paciente (Tottoli et al., 2019).

As macas hospitalares modernas são projetadas para otimizar a mobilidade dos pacientes e prevenir complicações associadas à imobilização prolongada. Sistemas de movimentação automatizada permitem ajustes posturais sem esforço manual excessivo,

reduzindo o risco de lesões por pressão e outras intercorrências. Além disso, recursos como regulação da inclinação da cabeceira e modulação da altura viabilizam uma assistência individualizada, aprimorando o cuidado ao paciente e a ergonomia para os profissionais de saúde (Santos et al., 2020).

Dentre as tecnologias amplamente empregadas, destacam-se as macas com ajuste eletrônico, que permitem a adaptação dinâmica das posições do paciente, desde a altura até a rotação, promovendo uma mobilização mais eficiente tanto para indivíduos com restrição de movimentos quanto para pacientes em pós-operatório ou em estado crítico. Essas macas são equipadas com motores para ajustes automáticos, além de sensores de pressão que auxiliam na prevenção de lesões cutâneas, um dos desafios mais recorrentes no ambiente hospitalar (Arjo, 2025).

Os sistemas automatizados de rotação e mobilização são essenciais em unidades hospitalares, promovendo a segurança do paciente e prevenindo doenças musculoesqueléticas entre profissionais de saúde (Macedo, Calvo, 2025). Ao reduzir a necessidade de movimentação manual, esses dispositivos minimizam o risco de acidentes ocupacionais (Dgert, 2024). Além disso, sua implementação contribui para a redução das taxas de afastamento laboral entre enfermeiros e técnicos de enfermagem, ao mesmo tempo em que melhora a satisfação dos pacientes, conforme evidenciado em estudos sobre o impacto das tecnologias móveis no atendimento (Posfg, 2015).

A evolução dos dispositivos assistivos, como elevadores para transferência de pacientes, também se destaca na melhoria da segurança e eficiência hospitalar. Esses equipamentos são projetados para minimizar o esforço físico necessário ao transporte seguro de pacientes, independentemente de sua condição física ou peso. A desses dispositivos está diretamente relacionada à redução de lesões ocupacionais e ao aprimoramento dos indicadores de qualidade assistencial (Ferreira; Lima, 2023).

As tecnologias hospitalares voltadas para o manejo de pacientes revelam-se fundamentais tanto para a segurança do paciente quanto para a proteção da saúde ocupacional dos profissionais. A inovação contínua nesse setor, por meio da integração de sistemas automatizados, ergonomia avançada e monitoramento inteligente, contribui significativamente para uma abordagem assistencial mais segura, eficaz e centrada no paciente.

4.4. Fundamentos de Sistemas Eletromecânicos Aplicados à Saúde

A integração de sistemas eletromecânicos em dispositivos médicos tem se mostrado fundamental para a modernização dos cuidados em saúde, oferecendo soluções que unem a precisão dos componentes eletrônicos com a robustez e a funcionalidade dos mecanismos mecânicos. Esses sistemas combinam elementos elétricos — responsáveis pelo controle, alimentação e automação — com partes mecânicas, que realizam movimentos, suportes ou forças específicas, possibilitando o desenvolvimento de equipamentos mais eficientes e seguros para diferentes aplicações clínicas.

4.4.1. Conceito e Estrutura dos Sistemas Eletromecânicos

Em sua essência, um sistema eletromecânico consiste na união de dois subsistemas interdependentes: o elétrico, que gera sinais e energia, e o mecânico, que converte essa energia em movimento ou trabalho físico. Essa arquitetura permite a criação de máquinas e dispositivos capazes de responder a comandos com alta precisão, flexibilidade e confiabilidade, características essenciais em ambientes hospitalares (Khalil, 2020).

4.4.2. Componentes Principais e Suas Funções

4.4.2.1. Motores elétricos: São responsáveis por transformar energia elétrica em movimento mecânico. Entre os mais utilizados em equipamentos de saúde estão os motores DC sem escovas e os motores de passo, reconhecidos por sua alta precisão e controle fino, atributos indispensáveis para aplicações delicadas como ajustes posturais ou movimentos assistidos (Silva; Costa, 2023).

4.4.2.2. Sensores: Capturam dados físicos do ambiente ou do paciente — como posição, pressão, temperatura ou força — fornecendo informações cruciais para o controle dinâmico do sistema. A confiabilidade dos sensores impacta diretamente na segurança e eficiência dos dispositivos médicos (Oliveira; Pereira, 2021).

4.4.2.3. Atuadores: Responsáveis pela execução do movimento, os atuadores convertem comandos elétricos em ações mecânicas. Na área da saúde, os atuadores elétricos

predominam por oferecerem maior controle e facilidade de integração com sistemas digitais (Martins et al., 2022).

4.4.2.4. Controladores: Gerenciam a operação do sistema eletromecânico por meio de algoritmos que processam os dados dos sensores e enviam comandos aos atuadores, garantindo respostas rápidas e precisas. A interface homem-máquina também é parte fundamental, assegurando que o profissional de saúde possa operar o sistema com segurança e eficiência (Santos; Almeida, 2023).

4.4.3. Aplicações Relevantes em Equipamentos Médicos

Os sistemas eletromecânicos estão presentes em uma ampla gama de equipamentos clínicos:

- Camas hospitalares motorizadas, que permitem ajustes automáticos e finos para conforto do paciente e prevenção de complicações, como úlceras por pressão (Ferreira et al., 2022).
- Equipamentos de diagnóstico por imagem, que dependem de movimentos precisos para posicionar sensores e garantir a qualidade das imagens obtidas (Zhang; Liu, 2021).
- Robótica cirúrgica, que exige altíssimo grau de precisão, controle remoto e feedback sensorial para auxiliar procedimentos minimamente invasivos, representando uma fronteira tecnológica dos sistemas eletromecânicos na saúde (Oliveira; Pereira, 2021).
- Dispositivos de reabilitação motorizada, incluindo exoesqueletos e órteses, que oferecem suporte e assistem a mobilidade do paciente, promovendo a recuperação funcional (Martins et al., 2022).

4.4.4. Desafios e Perspectivas Futuras

Embora as tecnologias eletromecânicas ofereçam inúmeros benefícios, sua implementação enfrenta desafios importantes. Destacam-se a necessidade de garantir segurança absoluta em ambientes críticos, a conformidade com rigorosos padrões regulatórios, a complexidade técnica para manutenção e operação, além do alto custo, que pode limitar a disseminação em instituições com recursos restritos (Santos; Almeida, 2023).

Avanços futuros prometem a incorporação de inteligência artificial para automação adaptativa, integração com redes IoT para monitoramento remoto e utilização de materiais avançados que proporcionem maior durabilidade e eficiência, ampliando o impacto positivo desses sistemas no cuidado em saúde (Zhang; Liu, 2021).

4.5. Prototipagem de Dispositivos Médicos: Aspectos Conceituais sobre Protótipos de Baixa Fidelidade

No desenvolvimento de dispositivos médicos, a prototipagem é uma etapa fundamental que possibilita a avaliação e o aprimoramento de conceitos antes da produção em larga escala. A prototipagem rápida, especialmente a criação de protótipos de baixa fidelidade, surge como uma estratégia essencial para validar preliminarmente funcionalidades e aprimorar soluções tecnológicas com eficiência e custos reduzidos, principalmente nas fases iniciais do desenvolvimento (Silva; Almeida, 2021).

Os modelos preliminares são representações iniciais confeccionadas com materiais acessíveis, como papel, plástico ou espuma, que não replicam fielmente a composição final do produto. O foco está na exploração e validação das funções essenciais, dispensando detalhamento técnico avançado. Essa abordagem destaca-se pela rapidez na produção e baixo custo, permitindo testes iterativos e ajustes sucessivos durante o desenvolvimento (Pereira; Lima, 2022).

Silva et al. (2023) ressaltam que esses modelos possibilitam a experimentação ágil de diferentes abordagens, facilitando a avaliação da usabilidade, a detecção precoce de falhas e a comunicação entre as equipes de desenvolvimento e os usuários finais, gerando feedback imediato sobre funcionalidade e ergonomia.

Além do aprimoramento do design, a prototipagem de baixa fidelidade possui papel estratégico no contexto regulatório dos dispositivos médicos, uma vez que processos de certificação e ensaios clínicos demandam investimentos significativos. As representações iniciais permitem validar conceitos antes da transição para protótipos de alta fidelidade, otimizando recursos financeiros e reduzindo riscos de reprojeto (Costa; Moraes, 2020).

Essa metodologia promove também a colaboração interdisciplinar, integrando engenheiros, designers e profissionais da saúde, resultando em dispositivos mais alinhados às necessidades reais de pacientes e usuários. Assim, a utilização desses modelos constitui etapa fundamental para a exploração inicial de conceitos, avaliação funcional e obtenção de feedback, favorecendo uma iteração rápida e um processo de inovação mais dinâmico e assertivo (Ferreira; Gomes, 2021).

4.6. Sistemas Atuais para Mudança de Decúbito e suas Limitações

No campo dos cuidados hospitalares, especialmente para pacientes acamados, sistemas como macas motorizadas, camas hospitalares automatizadas com funções de rotação, dispositivos hidráulicos e eletromecânicos têm sido empregados para facilitar o reposicionamento do paciente. Tais equipamentos buscam prevenir complicações como úlceras por pressão e melhorar parâmetros respiratórios, além de reduzir o esforço físico da equipe de saúde.

Porém, esses sistemas apresentam limitações significativas. Entre elas, destacam-se o custo elevado de aquisição e manutenção, que restringe sua disponibilidade em unidades de saúde de média e baixa complexidade, especialmente em instituições públicas ou regiões com recursos limitados (Martins et al., 2022). Adicionalmente, a complexidade operacional exige treinamento especializado, podendo acarretar riscos por uso inadequado (Souza; Oliveira, 2021).

O espaço físico requerido para esses equipamentos é outra barreira, visto que muitas unidades hospitalares possuem áreas restritas. Ademais, a maioria dos sistemas disponíveis não possibilita uma rotação completa (180°) do paciente com segurança e praticidade, limitando a eficácia do reposicionamento e a prevenção de complicações associadas à imobilidade (Ferreira et al., 2023).

Essas fragilidades evidenciam a necessidade de soluções inovadoras que sejam acessíveis, seguras, eficazes e adaptáveis às condições estruturais e financeiras das instituições de saúde, justificando o desenvolvimento de novos protótipos eletromecânicos de baixa fidelidade como etapas iniciais para validação e aprimoramento (Tingeer, 2023; Silva et al., 2022).

4.7. Níveis de Fidelidade na Produção de Produtos para a Saúde

No desenvolvimento de dispositivos e produtos para a área da saúde, a prototipagem desempenha papel crucial para garantir segurança, funcionalidade e adequação às necessidades dos usuários antes da fabricação final. Os protótipos são classificados em níveis de fidelidade — baixa, média e alta — que indicam o grau de semelhança entre o protótipo e o produto, tanto em aparência quanto em funcionalidade (Souza, 2016; Ferreira; Gomes, 2021).

4.7.1. Prototipagem de Baixa Fidelidade

Caracteriza-se por protótipos simplificados, produzidos com materiais acessíveis e de baixo custo, como papel, espuma, plástico ou madeira. O foco está na exploração inicial de conceitos, testes básicos de usabilidade e obtenção de feedback preliminar (Costa; Pereira, 2021).

No contexto de produtos médicos, essa etapa permite identificar falhas funcionais e ajustar o design sem investimento elevado, além de facilitar a comunicação entre equipes multidisciplinares. Por exemplo, a modelagem em espuma de um suporte para cateter pode ajudar a avaliar o encaixe e a ergonomia antes da confecção em material definitivo (Silva et al., 2022).

4.7.2. Prototipagem de Média Fidelidade

Neste estágio, o protótipo já incorpora componentes funcionais e detalhes visuais mais refinados, podendo incluir partes mecânicas ou eletrônicas que simulam aspectos do produto. A produção pode envolver materiais mais próximos dos reais, como impressões 3D em resinas ou plásticos técnicos (Ferreira; Gomes, 2021).

Dispositivos médicos que requerem avaliação da integração de sistemas, como bombas de infusão ou instrumentos de medição, se beneficiam deste nível de prototipagem para testes mais rigorosos de funcionamento e usabilidade. Além disso, o protótipo de média fidelidade facilita o ajuste de parâmetros técnicos antes da modelagem final (Santos; Oliveira, 2023).

4.7.3. Prototipagem de Alta Fidelidade

Corresponde a protótipos que replicam quase integralmente o produto final em termos de forma, função e desempenho, utilizando materiais e tecnologias semelhantes aos da fabricação definitiva. São necessários para avaliações regulatórias, ensaios clínicos e certificações, assegurando a segurança e eficácia do dispositivo (Anvisa, 2021).

Um exemplo típico é o desenvolvimento de próteses ortopédicas ou equipamentos de suporte vital, cujo protótipo de alta fidelidade deve ser submetido a testes rigorosos antes da aprovação para uso clínico. Essa etapa demanda maiores investimentos e prazos, porém é fundamental para o sucesso do produto no mercado (Santos; Oliveira, 2023).

4.8. Tecnologias Atuais para Prevenção de Lesões por Pressão (LPP) e Auxílio à Mudança de Decúbito: Baixa, Média e Alta Fidelidade

A prevenção de lesões por pressão (LPP) representa um dos maiores desafios no cuidado de pacientes acamados e com mobilidade reduzida, sobretudo em ambientes hospitalares e unidades de terapia intensiva. A imobilidade prolongada contribui para a formação dessas lesões, que estão associadas a elevado impacto na qualidade de vida do paciente, aumento do tempo de internação e elevação dos custos hospitalares (Castro et al., 2021). Nesse contexto, a tecnologia aplicada ao cuidado clínico tem avançado significativamente, oferecendo soluções diversas que podem ser classificadas, conforme o nível de complexidade e automação, em baixa, média e alta fidelidade.

4.8.1. Colchões e Superfícies de Apoio Terapêuticas

As superfícies de apoio terapêuticas são dispositivos projetados para redistribuir a pressão corporal, reduzindo os pontos de pressão e prevenindo o desenvolvimento de LPP.

4.8.1.1. Baixa Fidelidade: Os colchões convencionais de espuma representam a solução mais básica e economicamente acessível. Entretanto, sua eficácia é restrita, especialmente em pacientes com risco elevado, pois não promovem variações dinâmicas de pressão, limitando a redistribuição eficaz (Brasil, 2021).

4.8.1.2.Média Fidelidade: Os colchões de ar alternado, espuma viscoelástica ou gel incorporam tecnologias que permitem a modulação da pressão em diferentes regiões corporais. Estudos clínicos apontam que esses colchões reduzem a incidência e a gravidade das LPP, sobretudo em ambientes críticos (Ferreira et al., 2023). Contudo, esses dispositivos apresentam limitações relativas ao custo e manutenção.

4.8.1.3.Altíssima Fidelidade: Sistemas inteligentes que combinam monitoramento eletrônico de pressão e temperatura, adaptando-se automaticamente às necessidades do paciente, têm demonstrado avanços significativos. Tais dispositivos possibilitam ajustes contínuos e personalizados, melhorando a eficácia preventiva e proporcionando maior conforto ao paciente (Santos; OLiveira, 2022).

4.8.2. Dispositivos de Auxílio à Mobilização

A mobilização do paciente é considerada uma das intervenções mais eficazes para prevenção de LPP, além de promover a melhora do quadro clínico geral.

4.8.2.1.Baixa Fidelidade: Auxílios simples, como almofadas, travesseiros e rolos, são amplamente utilizados para promover o reposicionamento e diminuir a pressão em áreas vulneráveis. Embora acessíveis, requerem a intervenção contínua da equipe e apresentam eficácia limitada em casos de mobilidade restrita (Brasil, 2022).

4.8.2.2.Média Fidelidade: Dispositivos de suporte anatômico e talas proporcionam estabilização durante a movimentação, auxiliando na manutenção de posturas seguras e confortáveis. Esses dispositivos melhoram a segurança do paciente e facilitam o trabalho dos profissionais, porém dependem da ação manual (Revista Nursing, 2022).

4.8.2.3.Altíssima Fidelidade: Equipamentos motorizados, pneumáticos ou eletromecânicos que automatizam a movimentação do paciente reduzem substancialmente o esforço físico da equipe e os riscos de lesões ocupacionais. Sua aplicação, sobretudo em UTIs, está associada a melhores resultados clínicos e maior adesão aos protocolos de cuidado (Dialnet, 2023).

4.8.3. Sistemas de Mudança de Decúbito Automatizados e Semiautomatizados

A mudança regular da posição do paciente é prática consolidada na prevenção de LPP, e a automação deste processo tem sido objeto de crescente desenvolvimento tecnológico.

4.8.3.1. Baixa Fidelidade: Protocolos manuais estruturados, com treinamento da equipe e uso de técnicas seguras, ainda são a base da maioria dos serviços. Embora eficazes, estão sujeitos a falhas humanas e sobrecarga da equipe (Revista Nursing, 2022).

4.8.3.2. Média Fidelidade: Camas hospitalares com ajustes elétricos facilitam o reposicionamento, mas exigem ação manual para operação e monitoramento constante da equipe (Molnlycke, 2023).

4.8.3.3. Alta Fidelidade: Sistemas integrados com sensores de posição e mecanismos automáticos permitem mudanças programadas e adaptativas, otimizando a prevenção de LPP e reduzindo erros operacionais. A literatura indica que essas tecnologias aumentam a qualidade do cuidado e podem melhorar desfechos clínicos, porém ainda são pouco difundidas devido a custo e complexidade (Preveni, 2023).

4.8.4. Tecnologias de Sensores para Monitoramento de Pressão

O monitoramento contínuo da interface entre a pele do paciente e as superfícies de apoio permite a identificação precoce de áreas de risco e intervenções imediatas.

4.8.4.1. Baixa Fidelidade: Inspeção visual e palpação realizadas periodicamente são práticas comuns, porém dependem da experiência da equipe e podem não detectar alterações sutis (Researchgate, 2020).

4.8.4.2. Média Fidelidade: Sensores embutidos em almofadas ou colchões fornecem alertas sobre pontos de pressão elevados, auxiliando na decisão clínica para mudança de posição (Rsdjournal, 2023).

4.8.4.3. Alta Fidelidade: Sistemas avançados que utilizam sensores sem fio, capazes de monitorar pressão, temperatura e umidade em tempo real, oferecem dados integrados em plataformas digitais para acompanhamento contínuo. Tais tecnologias têm

demonstrado redução significativa na incidência de LPP, além de favorecerem intervenções rápidas e precisas (Revista Pai, 2023).

4.9. Proteção de Inovações no Setor de Saúde: Procedimentos para Registro e Regulação de Patentes

A proteção da propriedade intelectual no setor de saúde, via sistema de patentes, assegura exclusividade comercial a inovações tecnológicas, estimulando a pesquisa e desenvolvimento (P&D) e viabilizando a disseminação regulamentada de novos produtos e processos. As patentes garantem direitos exclusivos de exploração econômica, proporcionando retorno sobre investimentos em inovação e promovendo a difusão do conhecimento científico e tecnológico. Contudo, sua concessão exige conformidade com requisitos legais e normativos específicos, tornando o processo complexo e essencial para garantir validade e efetividade (Silva; Costa, 2021).

O primeiro estágio do processo de patenteamento consiste na concepção de uma invenção ou modelo de utilidade que seja inovador e possua aplicação industrial. Conforme destacado por Garcia; Silva (2021), no setor da saúde, a invenção deve representar um avanço significativo, oferecendo uma solução técnica para um problema específico, e não apenas uma modificação óbvia de tecnologias preexistentes. A documentação submetida ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) deve conter descrições detalhadas, desenhos técnicos e exemplos de aplicação que evidenciem a originalidade e a viabilidade do invento.

A busca de anterioridade constitui uma etapa essencial para verificar o ineditismo da invenção antes da formalização do pedido de patente. Esse processo pode ser realizado por meio de bases de dados do INPI e de escritórios internacionais de propriedade intelectual, visando prevenir o indeferimento do pedido devido à existência de invenções semelhantes previamente registradas (Ferreira; Almeida, 2021). Segundo Santos; Lima (2021), a análise da anterioridade minimiza desperdícios de recursos financeiros e temporais, permitindo ajustes estratégicos na formulação do pedido de patente.

Uma vez confirmada a originalidade, o pedido de patente é submetido ao INPI, onde é analisado quanto à novidade, atividade inventiva e aplicação industrial. Caso aprovado, a patente é concedida por um período de 20 anos para invenções e 15 anos para modelos de utilidade, conferindo ao titular direitos exclusivos de exploração comercial (Galícia Educação,

2025). Durante esse período, o detentor da patente pode negociar licenças de uso com terceiros, permitindo a comercialização da tecnologia em condições previamente estabelecidas.

A manutenção da patente requer o pagamento de anuidades, cuja inadimplência pode resultar na revogação dos direitos conferidos. Ademais, o titular da patente pode acionar mecanismos legais para coibir violações e infrações, impedindo a exploração não autorizada de sua invenção (Ferreira; Lima, 2022). Nesse sentido, a proteção patentária no setor de saúde não apenas estimula a inovação, mas também promove um ambiente de segurança jurídica para investimentos em P&D.

A regulamentação de patentes na área da saúde também suscita implicações éticas e sociais, uma vez que novas tecnologias podem afetar diretamente o acesso a tratamentos e medicamentos essenciais. Ribeiro e Costa (2022) enfatizam que o sistema de patentes deve equilibrar os interesses do setor produtivo com as demandas da saúde pública, garantindo que inovações sejam acessíveis e economicamente viáveis para a população. O debate sobre patentes de fármacos e dispositivos médicos é particularmente controverso, sobretudo no que concerne aos direitos dos pacientes e à sustentabilidade dos sistemas de saúde.

O patenteamento de inovações no setor de saúde compreende um conjunto de etapas que vão desde a concepção da invenção até sua regulamentação e proteção legal. Embora as patentes representem um instrumento crucial para o avanço tecnológico e o desenvolvimento científico, é fundamental que sua regulação contemple princípios de equidade e acessibilidade, assegurando que os benefícios das inovações tecnológicas sejam distribuídos de maneira justa na sociedade.

5. MÉTODO

Este estudo emprega uma abordagem metodológica estruturada em múltiplas etapas, englobando a concepção, a prototipagem e a validação de um modelo inovador de um dispositivo para acoplar ao leito hospitalar, projetado para a mudança de decúbito. A investigação se desdobra em três fases principais: (i) revisão da literatura e levantamento bibliográfico, (ii) desenvolvimento do protótipo e (iii) testes e validação. A seguir, cada etapa é detalhada de maneira sistemática.

5.1. Revisão de Literatura e Levantamento Bibliográfico

A fase inicial deste estudo consistiu na realização de uma revisão de literatura, estruturada a partir de quatro eixos temáticos diretamente relacionados ao objeto de estudo. Esta etapa teve como finalidade estabelecer o estado da arte quanto ao uso de tecnologias assistivas aplicadas ao manejo postural de pacientes acamados, especialmente aqueles em risco de desenvolver lesões por pressão (LPP) ou portadores de Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo (SDRA). As buscas foram realizadas nas bases de dados PubMed, Scopus, Web of Science, BVS, além de bases de patentes como INPI, Espacenet e WIPO/PatentScope.

Os descritores utilizados incluíram: “pressure injuries”, “pressure ulcers”, “decubitus ulcer”, “prone positioning”, “hospital stretchers”, “assistive medical technology”, “medical device prototyping”, “low-fidelity prototypes”, “3D printing in health care”, e seus respectivos equivalentes em português. O recorte temporal foi de 2020 a 2025, priorizando revisões sistemáticas, estudos clínicos, normativas técnicas e artigos de inovação tecnológica. Os principais tópicos investigados abrangem:

- **Lesões por Pressão e a Importância da Mudança de Decúbito**

As lesões por pressão constituem complicações frequentes em pacientes restritos ao leito, resultantes da imobilidade prolongada e da pressão contínua em pontos específicos do corpo. Sua prevenção depende da mudança regular de decúbito, considerada a principal estratégia para redistribuição da pressão e redução de riscos (Mervis; Phillips, 2023). Entretanto, a execução desse cuidado enfrenta desafios como sobrecarga da equipe de enfermagem e ausência de tecnologias acessíveis, fatores que contribuem para sua elevada prevalência em ambientes hospitalares (Silva et al., 2022).

- **A Posição de Pronação no Manejo de Pacientes com Desconforto Respiratório**

A posição de pronação, caracterizada pelo decúbito ventral, tem sido amplamente utilizada em pacientes com SDRA, especialmente durante a pandemia de Covid-19. Estudos recentes confirmam que essa estratégia melhora a oxigenação arterial, reduz a heterogeneidade ventilatória e pode diminuir a mortalidade em casos graves (Pérez et al., 2023; Flor et al., 2022). Contudo, a manobra apresenta desafios operacionais, como necessidade de equipe treinada, risco de obstrução de dispositivos, desconforto para o paciente e contraindicações em casos de

instabilidade hemodinâmica ou cirurgias recentes (Camporota et al., 2022). Tais limitações reforçam a relevância de dispositivos capazes de auxiliar no posicionamento seguro.

- **Tecnologias Hospitalares Contemporâneas: Macas e Equipamentos de Mobilização**

As macas hospitalares articuladas e os colchões terapêuticos constituem tecnologias utilizadas no auxílio à mobilização e prevenção de LPP. Contudo, tais dispositivos ainda enfrentam limitações relacionadas a alto custo, complexidade operacional e manutenção (Seon et al., 2021). Além disso, a maioria não oferece rotação completa ou automação integrada, permanecendo dependente do esforço manual da equipe. Essa lacuna tecnológica torna evidente a necessidade de soluções modulares, acessíveis e de baixo custo, especialmente para hospitais públicos e instituições de longa permanência (Henriques et al., 2021).

- **Fundamentos de Sistemas Eletromecânicos Aplicados à Saúde**

Os sistemas eletromecânicos aplicados à saúde integram componentes mecânicos, elétricos e de controle, viabilizando automação em equipamentos médicos. Microcontroladores, sensores de fim de curso e motores de passo permitem o desenvolvimento de dispositivos de maior precisão, segurança e eficiência operacional (Reis et al., 2020). Na prática hospitalar, essas soluções têm potencial de reduzir riscos ergonômicos para profissionais e otimizar a assistência, embora os custos e a necessidade de testes regulatórios ainda representem desafios.

- **Prototipagem de Dispositivos Médicos: Aspectos Conceituais sobre Protótipos de Baixa Fidelidade**

A prototipagem de baixa fidelidade desempenha papel essencial no desenvolvimento tecnológico em saúde, pois permite validar conceitos iniciais de forma rápida e de baixo custo. Modelos produzidos por impressão 3D têm sido amplamente utilizados para testar funcionalidades básicas, ergonomia e ajustes de design (Zhao et al., 2021). Embora não reproduzam a complexidade total do produto, esses protótipos possibilitam iteração rápida, avaliação interdisciplinar e maior alinhamento às necessidades clínicas (Almeida; Lucca, 2020).

- **Sistemas Atuais para Mudança de Decúbito e suas Limitações**

Os dispositivos atuais incluem colchões pneumáticos, camas articuladas e guinchos mecânicos, mas nenhum deles oferece solução plenamente eficaz para rotação completa do paciente. As principais limitações referem-se a custo elevado, acessibilidade restrita e complexidade de uso (Santos; Oliveira, 2023). Além disso, muitos equipamentos exigem múltiplos profissionais para operação, aumentando o risco de lesões ocupacionais e comprometendo a segurança do paciente.

- **Níveis de Fidelidade na Produção de Produtos para a Saúde**

Na prototipagem em saúde, distinguem-se três níveis de fidelidade: baixa, média e alta. Os protótipos de baixa fidelidade são voltados para testes iniciais, com materiais simples e baixo custo; os de média fidelidade já incorporam algumas funcionalidades eletrônicas ou estruturais; e os de alta fidelidade buscam replicar quase totalmente as características do produto, incluindo materiais e desempenho. A escolha do nível depende dos objetivos e do estágio de desenvolvimento (Ferreira; Gomes, 2021).

- **Tecnologias Atuais para Prevenção de LPP e Auxílio à Mudança de Decúbito**

As tecnologias existentes podem ser classificadas em quatro grupos. Os colchões e superfícies de apoio terapêuticas auxiliam na redistribuição da pressão, mas ainda são caros e pouco acessíveis (Ding et al., 2022). Os dispositivos de auxílio à mobilização, como guinchos hospitalares, demandam treinamento e equipe numerosa. Sistemas de mudança de decúbito automatizados e semiautomatizados são raros e limitados a grandes centros hospitalares. Por fim, sensores de monitoramento de pressão vêm sendo incorporados como aliados na prevenção de LPP, mas sua utilização ainda enfrenta barreiras financeiras e estruturais (Mervis; Phillips, 2023).

- **Proteção de Inovações no Setor de Saúde: Registro e Regulação de Patentes**

A proteção intelectual por meio de patentes é fundamental para garantir exclusividade de exploração e incentivar inovação no setor da saúde. O registro no INPI exige critérios de

novidade, aplicação industrial e atividade inventiva. No contexto acadêmico, essa prática não apenas assegura direitos de propriedade, mas também viabiliza parcerias de desenvolvimento tecnológico, aumentando a aplicabilidade prática dos resultados da pesquisa (Santos; Oliveira, 2023).

5.2. Desenvolvimento do Protótipo

A segunda fase abrange a concepção e construção do protótipo funcional do dispositivo de mobilização eletromecânico, seguindo diretrizes técnicas e funcionais previamente estabelecidas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (AVISA).

5.2.1. Definição dos Requisitos Técnicos e Funcionais

Os requisitos técnicos foram definidos a partir da análise do projeto e abrangem os seguintes critérios:

Requisitos:

- Rotacionamento longitudinal controlado (-180° a 180°);
- Ajuste de altura da base (variação de 40 cm);
- Estrutura modular removível para camas superior e inferior;
- Inclinação ajustável da superfície de apoio (0° a 90°);
- Protótipo fabricado via impressão 3D em polímeros de alta resistência;
- Sistema elétrico baseado em fios;
- Controle remoto com display LCD para operação do dispositivo.

5.2.2. Construção do Protótipo

A manufatura do protótipo será realizada por meio de impressão 3D, permitindo refinamentos iterativos na estrutura e funcionalidade. As especificações incluem:

- **Estrutura base:** Fabricada em polímeros reforçados (PLA, ABS ou equivalentes de grau médico);
- **Módulo de acionamento principal:** Responsável pela movimentação rotacional e ajuste de altura, incluindo:
 - Microcontrolador Arduino Nano;
 - Módulo ESP01-S para comunicação wireless;
 - Motor de Redução 6V 100RPM com Encoder para rotação;
 - Módulo L298N para controle do motor;
 - Motor de Passo Nema 17 para ajuste de altura;
 - Driver DRV8825;
 - Sensores de fim de curso;
 - Baterias 18650 para alimentação autônoma.
- **Interface de controle:** Operação via controle remoto com display LCD.

5.2.3. Testes e Validação

A última etapa contempla a realização de ensaios experimentais para avaliação do desempenho e viabilidade do protótipo.

5.2.3.1. Testes Funcionais

Os testes funcionais avaliarão a operação do dispositivo de mobilização, abrangendo:

- **Desempenho da rotação:** Verificação da capacidade do motor em realizar rotações de 180° sem falhas mecânicas;
- **Ergonomia e usabilidade:** Avaliação da facilidade de manuseio do sistema eletrônico;
- **Segurança estrutural:** Testes de estabilidade e resistência mecânica.

5.2.3.2. Testes de Conforto e Ajustabilidade

O dispositivo de mobilização será submetido a simulações para verificação de:

- **Distribuição de peso e pressão:** Monitoramento da adequação do suporte estrutural;
- **Ajustabilidade:** Testes de funcionalidade dos ajustes de altura e inclinação;
- **Durabilidade dos materiais:** Ensaio com diferentes cargas para avaliação da longevidade dos componentes.

5.2.3.3. Checklist para Ensaio do Protótipo Eletromecânico de Mudança de Decúbito

1. Preparação do Protótipo

- Conferir integridade estrutural das peças impressas em 3D (sem rachaduras/folgas).
- Verificar fixação dos eixos, engrenagens e parafusos.
- Conferir cabeamento e conexões dos módulos eletrônicos.
- Instalar e carregar as baterias 18650 no suporte com BMS.
- Garantir GND comum entre Arduino, drivers e sensores.
- Conectar controle (Serial, remoto ou LCD).
- Realizar homing inicial (acionar fins de curso).

2. Preparação do Ambiente de Teste

- Posicionar manequim de 100 g centralizado sobre a maca.
- Verificar ponto zero da rotação (supino).
- Preparar cronômetro/ficha de registro (planilha).
- Instalar clinômetro ou transferidor para conferência angular.
- Garantir iluminação adequada e câmera/fotos para registro.

3. Testes Funcionais

- Executar lateralização direita em 30°, 45°, 60°, 90° e retorno ao zero.
- Executar lateralização esquerda em 30°, 45°, 60°, 90° e retorno ao zero.
- Registrar tempo de cada manobra.

- Conferir ângulo-alvo e ângulo atingido.
- Anotar erros angulares ($> \pm 5^\circ$).
- Observar estabilidade do manequim (queda/deslocamento).

4. Teste de Pronação

- Acionar rotação até $\sim 180^\circ$ (pronação).
- Registrar tempo de rotação completa.
- Retornar ao supino.
- Verificar falhas mecânicas/eletrônicas.

5. Teste de Repetibilidade

- Realizar 10–20 ciclos completos de rotação (direita $\leftrightarrow$ esquerda $\leftrightarrow$ pronação).
- Anotar eventuais falhas ou travamentos.
- Observar aquecimento perceptível do motor ou driver.

6. Teste de Altura/Inclinação

- Acionar o motor de passo para variação de altura (baixa $\leftrightarrow$ média $\leftrightarrow$ alta).
- Testar inclinação do leito (Trendelenburg/anti).
- Verificar atuação correta dos fins de curso.
- Registrar deslocamento do manequim.

7. Encerramento

- Desligar alimentação.
- Inspecionar desgaste dos componentes impressos em 3D.
- Registrar observações gerais.

5.2.3.4. Validação Técnica

Após os testes experimentais, o protótipo será submetido à avaliação de conformidade técnica, incluindo:

- **Ensaaios laboratoriais:** Testes adicionais para biocompatibilidade e resistência mecânica;
- **Proteção intelectual:** Início do processo de registro de patente junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI).

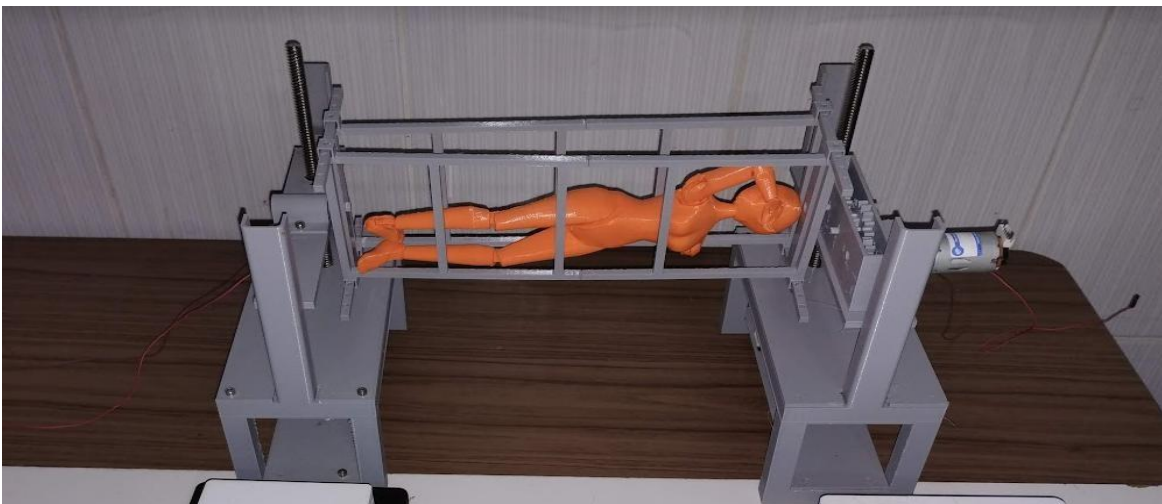
Dessa forma, a metodologia adotada assegura um desenvolvimento sistemático e rigoroso, garantindo segurança, eficiência e aplicabilidade clínica do protótipo.

6. RESULTADOS

A produção do protótipo eletromecânico para a realização da mudança de decúbito foi realizada por meio de uma série de testes experimentais, que foram essenciais para avaliar a eficácia, segurança, conforto e conformidade regulatória do dispositivo. A seguir, detalham-se os componentes do protótipo, resultados obtidos em cada um dos testes e as respostas do checklist dos ensaios.

6.1. Componentes do protótipo:

Figura 1: Estrutura



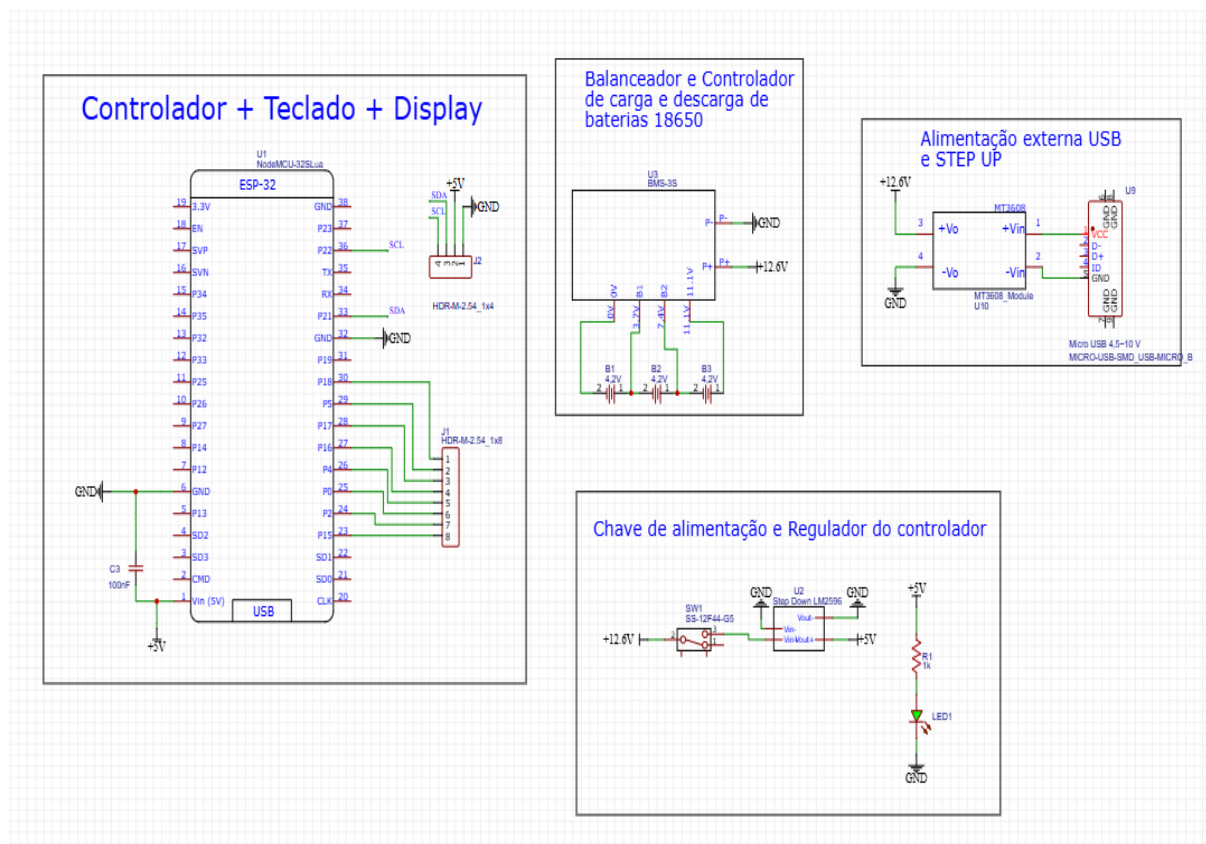
Fonte: arquivo do inventor.

Módulo de comando

O módulo de comando é responsável por fazer a interface humano-máquina e se comunicar com o módulo de acionamento principal, nele o usuário poderá controlar as movimentações de rotação e elevação da maca.

Para construir o módulo de comando, foram instalados uma comunicação sem fio, sistema de bateria e carregamento e interface-humano máquina. Selecionado o ESP32 como microcontrolador, teclado 4x4 de membrana para a operação do usuário, display 20x4 para visualização do status atual eletrônico, baterias 18650 para armazenar energia e o usuário poder utilizar o sistema fora da tomada e um sistema de fonte para alimentar todo o sistema. A união todos esses sistemas está no esquemático na figura abaixo.

Figura 2: Esquemático Módulo de Controle



Fonte: arquivo do inventor.

Após a parte eletrônica desenvolvida, foi desenvolvido o software de controle. No software de controle, inicialmente o usuário calibra o sistema de rotação, acessa um menu onde ele seleciona se vai controlar a rotação ou a altura. Dentro do menu de controle de rotação, o usuário poderá escolher o modo de rotação livre, posi/neg ou alternado. E dentro do menu de elevação, o usuário poderá fazer o home da altura e controlar a altura atual.

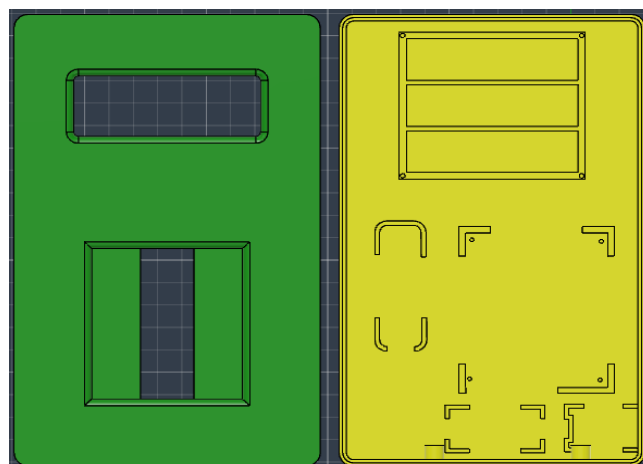
O modo de controle de rotação livre permite que o usuário defina um ângulo para qual a maca deve ir a partir do zero definido no momento da calibração da maca. A rotação poderá ser no sentido horário ou anti-horário, o usuário seleciona antes de realizar a rotação.

O modo de controle posi/neg permite que o usuário defina um ângulo na qual a maca rotacionara, em ciclos, para esse ângulo no sentido horário e anti horário, ele ficará alternando entre tal ângulo a partir do zero no sentido horário e anti horário até que o usuário termine a rotação.

O modo de controle alternado permite que o usuário defina um ângulo na qual a maca rotacionara, em ciclos, para esse ângulo no sentido horário ou anti-horário, definido pelo usuário, e ele ficará alternando entre tal ângulo a partir do zero no sentido horário ou anti horário até o ângulo zero, até que o usuário termine esse ciclo de rotação.

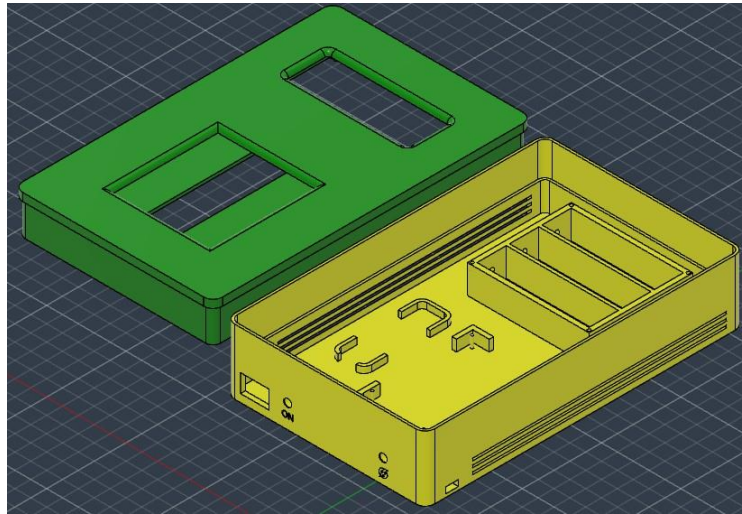
Para armazenar o circuito eletrônico do módulo de controle, foi desenvolvido uma base e um tampa em impressão 3D com suporte a encaixe de todos os componentes, como mostra as figuras 3 e 4.

Figura 3: Vista superior do 3D da case do módulo de Controle



Fonte: arquivo do inventor.

Figura 4: Vista isométrica do 3D da case do módulo de Controle.



Fonte: arquivo do inventor.

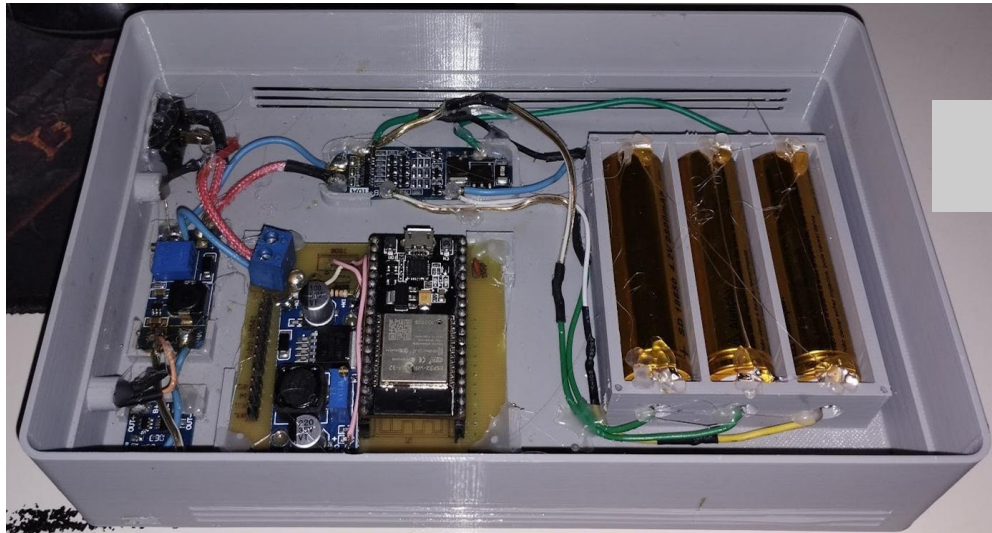
Tendo o circuito eletrônico e as peças impressas em impressão 3D, foi realizada a integração entre a eletrônica e case e o resultado pode ser visto nas figuras 5 e 6.

Figura 5: Módulo de controle finalizado.



Fonte: arquivo do inventor.

Figura 6: Parte interna do módulo de controle.



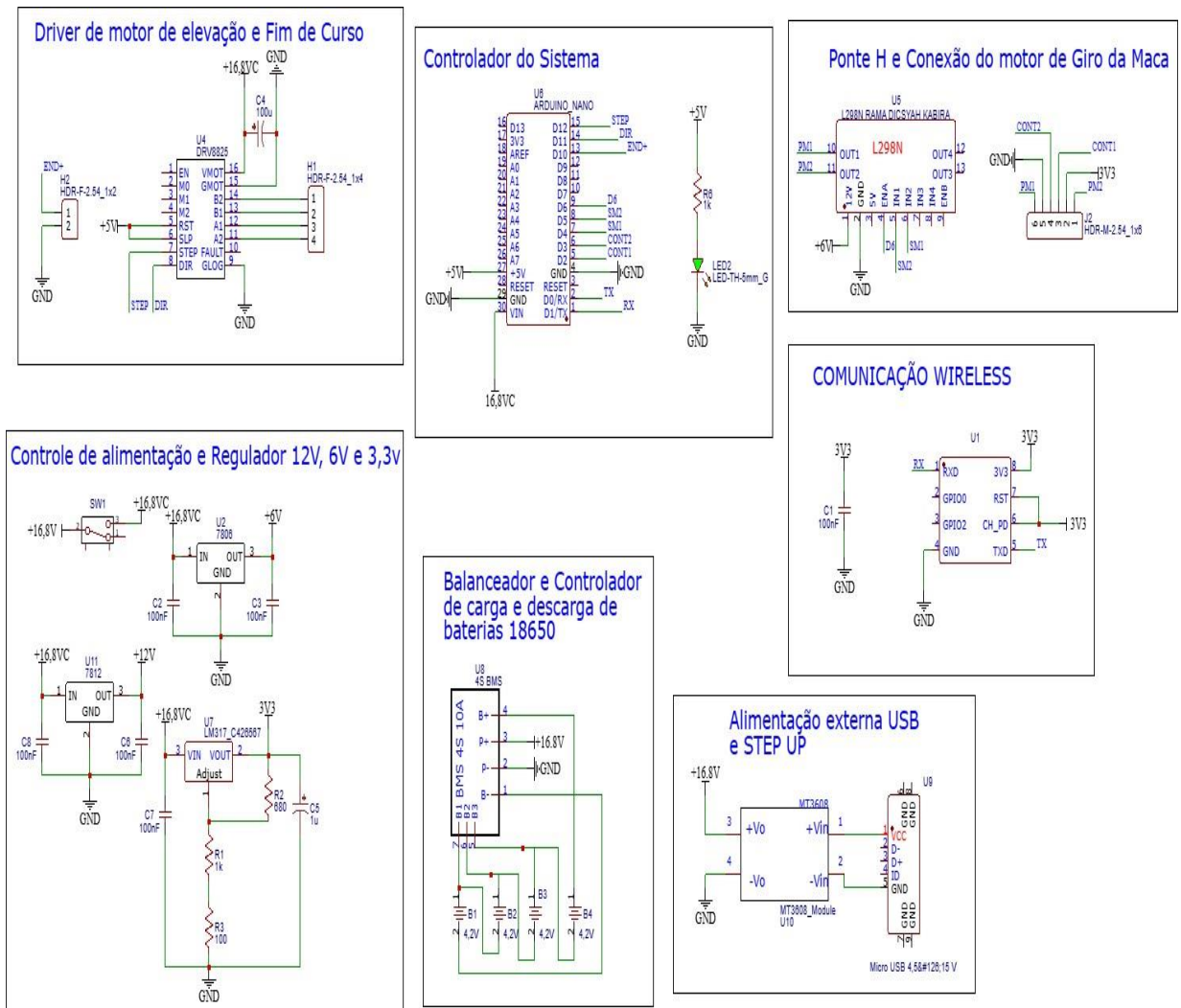
Fonte: arquivo do inventor.

Módulo de acionamento principal

O módulo de acionamento principal é responsável por fazer a rotação da maca, controle da elevação do lado direito, comunicação com o lado esquerdo da estrutura da maca e com o módulo de comando

Na construção do módulo de acionamento principal, foram integradas a comunicação sem fio, sistema de bateria e carregamento, controle de um motor de rotação e controle de elevação da maca. Com essas requisições, foi selecionado o arduino nano como microcontrolador, ESP01-S para comunicação wireless, motor com Caixa de Redução 6V 100RPM com Encoder para rotacionar a maca, módulo L298N para controlar o sentido de rotação do motor de rotação da maca, motor De Passo Nema 17 para controle de elevação, driver DRV8825 para controle do motor nema, fim de curso para detectar o limite inferior da maca, baterias 18650 para armazenar energia e o usuário poder utilizar o sistema fora da tomada e um sistema de fonte para alimentar todo o sistema. Há união de todos esses sistemas está no esquemático na figura 7.

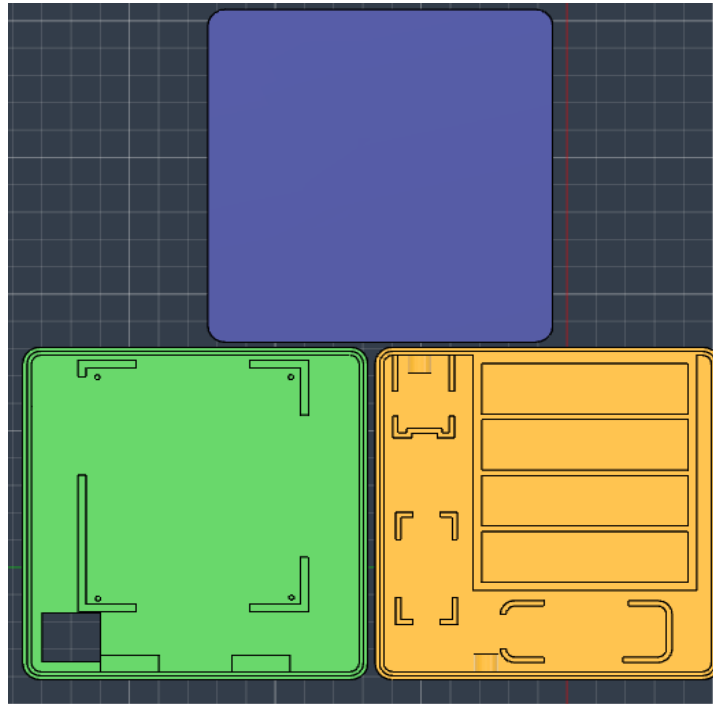
Figura 7: Esquemático Módulo de acionamento Principal.



Fonte: arquivo do inventor.

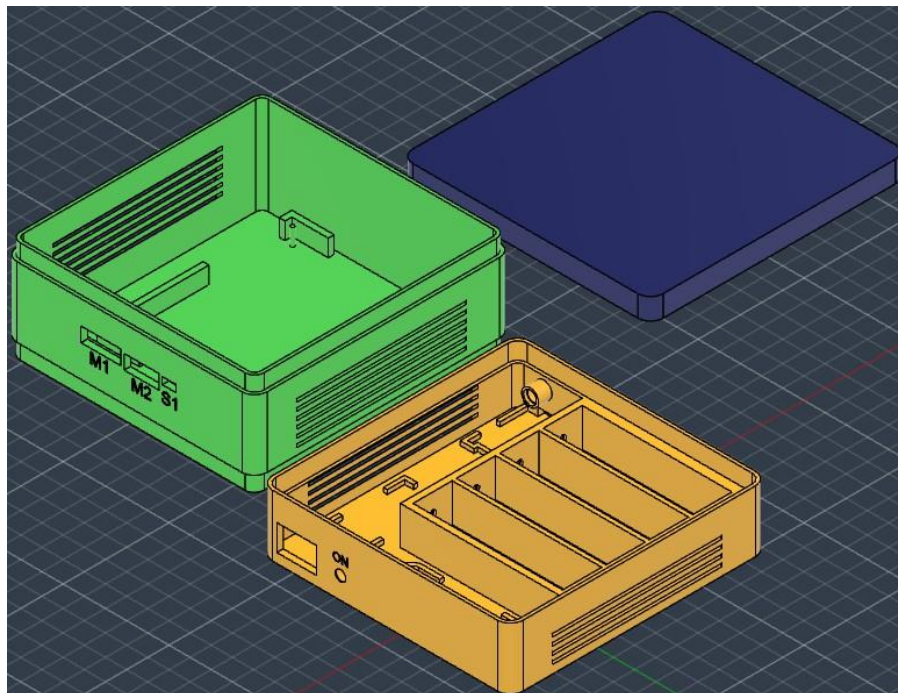
Para armazenar o circuito eletrônico do módulo de acionamento principal, foi desenvolvido uma base para a fonte, uma base para o sistema de controle e um tampa em impressão 3D com suporte a encaixe de todos os componentes, como mostra as figuras 8 e 9.

Figura 8: Vista superior do 3D da case do módulo de Acionamento Principal.



Fonte: arquivo do inventor.

Figura 9: Vista isométrica do 3D da case do módulo de Acionamento Principal.



Fonte: arquivo do inventor.

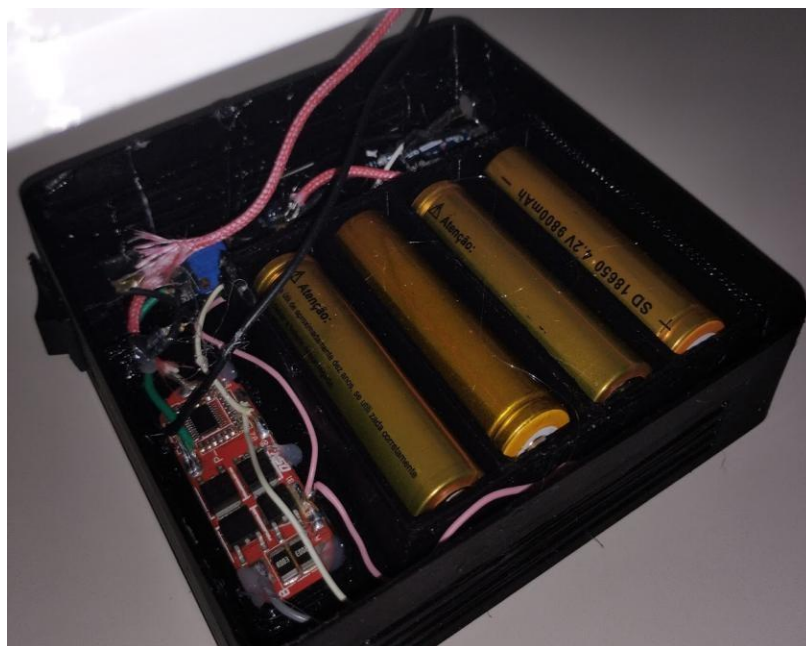
Tendo o circuito eletrônico e as peças impressas em impressão 3D, foi feita a integração entre a eletrônica e case e o resultado pode ser visto nas figuras 10, 11 e 12.

Figura 10: Módulo de Acionamento Principal.



Fonte: arquivo do inventor.

Figura 11: Parte interna inferior do acionamento Principal



Fonte: arquivo do inventor.

Figura 11: Parte interna superior do acionamento Principal.



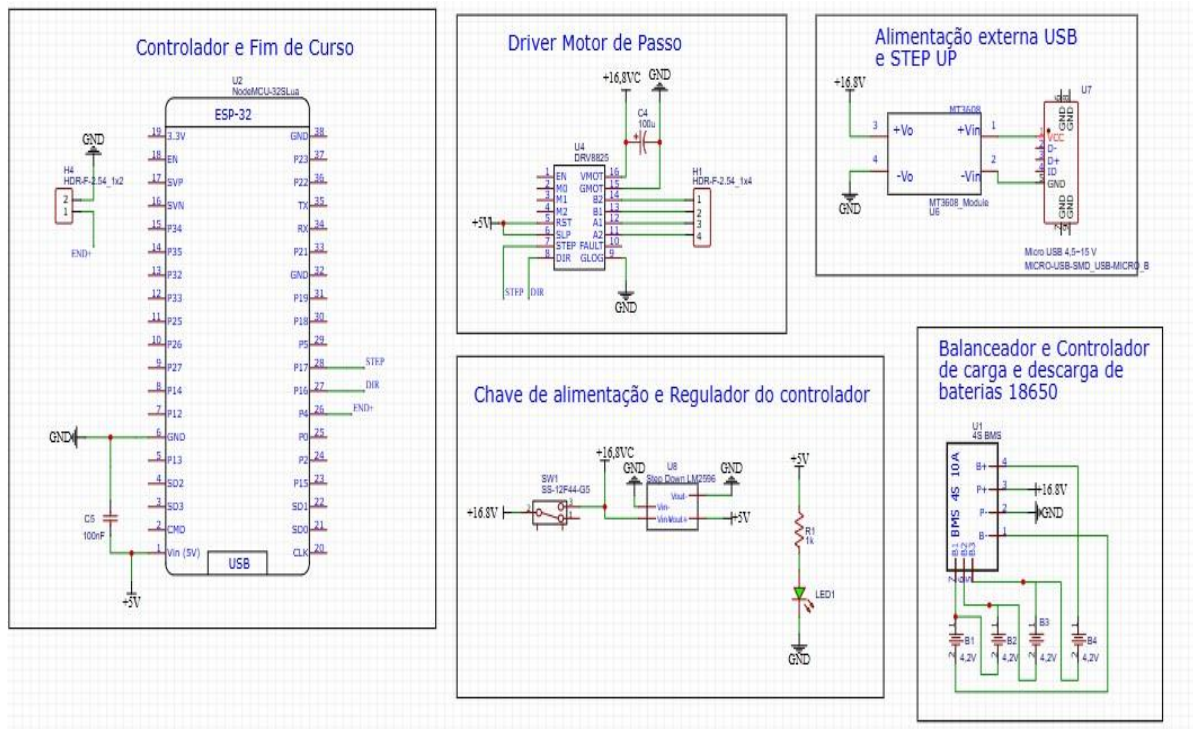
Fonte: arquivo do inventor.

Módulo de acionamento auxiliar

O módulo de acionamento auxiliar é responsável por fazer o controle de elevação do lado esquerdo da maca e receber comandos do módulo de comando.

Para construir o módulo de acionamento auxiliar, foram analisadas integrados a comunicação sem fio, sistema de bateria e carregamento, controle de um motor de elevação da maca. Com essas requisições, foi selecionado o esp32 como microcontrolador, motor De Passo Nema 17 para controle de elevação, driver DRV8825 para controle do motor nema, fim de curso para detectar o limite inferior da maca, baterias 18650 para armazenar energia e o usuário poder utilizar o sistema fora da tomada e um sistema de fonte para alimentar todo o sistema. Unindo todos esses sistemas, você tem o esquemático na figura 12.

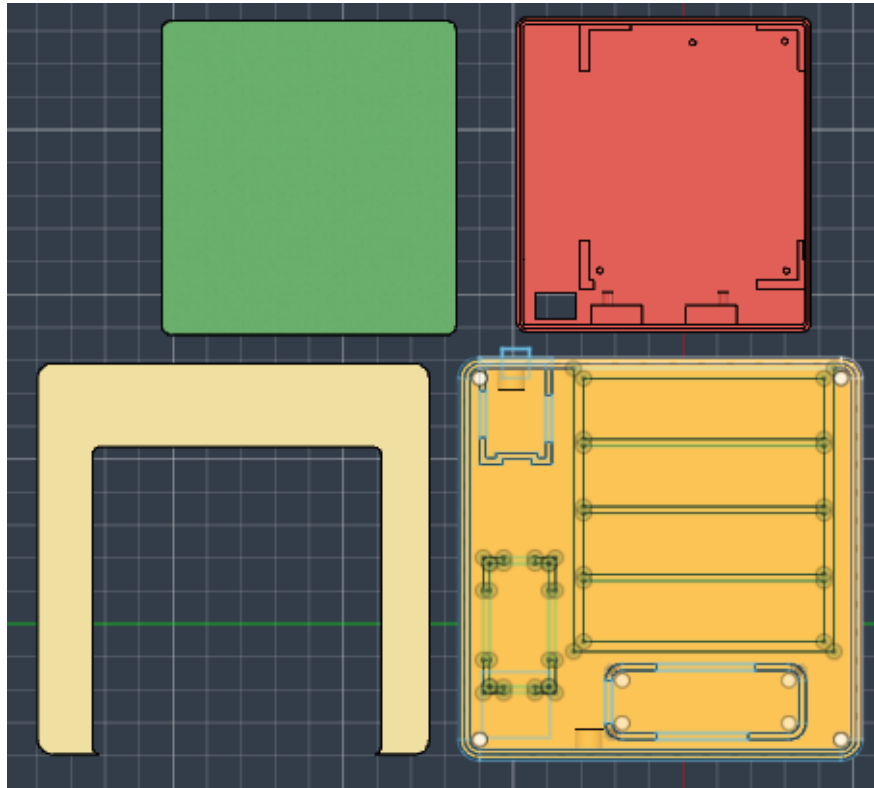
Figura 12: Esquemático Módulo de acionamento auxiliar.



Fonte: arquivo do inventor.

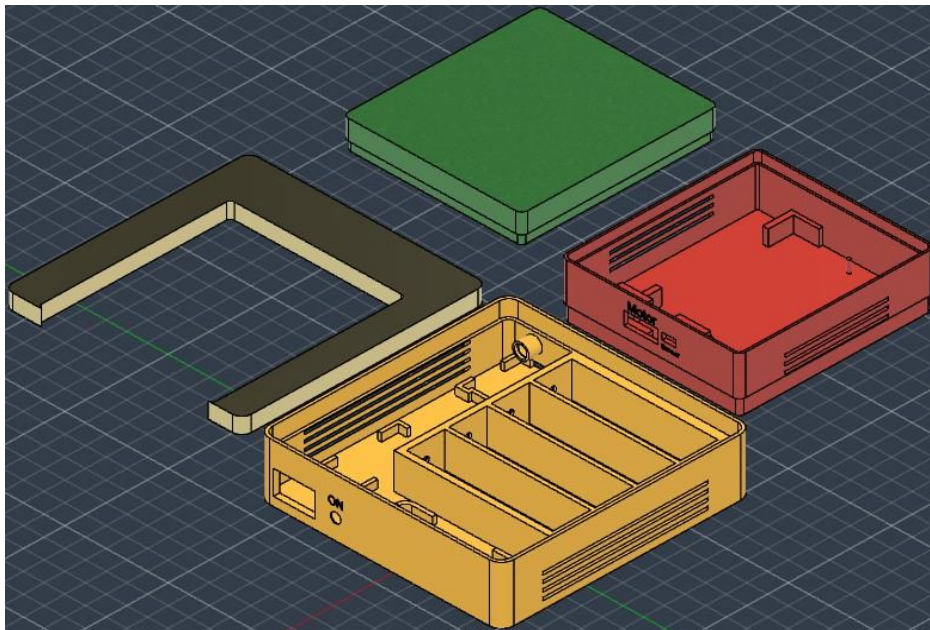
Para armazenar o circuito eletrônico do módulo de acionamento auxiliar, foi desenvolvido uma base para a fonte, uma base para o sistema de controle, um adaptador para a base do sistema de controle e base para fonte e tampa em impressão 3D com suporte a encaixe de todos os componentes, como mostra as figuras 13,14,15,16,17.

Figura 13: Vista superior do 3D da case do módulo de Acionamento auxiliar.



Fonte: arquivo do inventor.

Figura 14: Vista isométrica do 3D da case do módulo de Acionamento auxiliar.



Fonte: arquivo do inventor

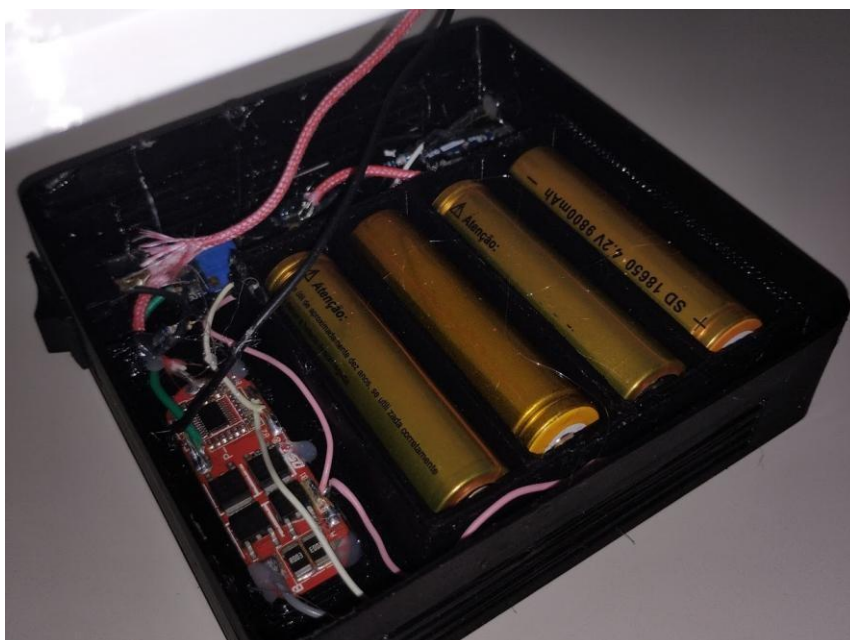
Tendo o circuito eletrônico e as peças impressas em impressão 3D, foi feito a integração entre a eletrônica e case e o resultado nas figuras 15, 16 e 17.

Figura 15: Módulo de Acionamento Auxiliar.



Fonte: arquivo do inventor.

Figura 16: Parte interna inferior do acionamento auxiliar.



Fonte: arquivo do inventor.

Figura 17: Parte interna superior do acionamento auxiliar.



Fonte: arquivo do inventor.

6.2. Testes Funcionais

6.2.1. Teste de Desempenho de Rotação

O protótipo foi submetido a um teste de desempenho funcional para avaliar a rotação do dispositivo de mobilização, tanto no sentido horário quanto anti-horário, com variações de -180° a 180° . O motor de redução 6V 100RPM, associado ao encoder, foi capaz de realizar a rotação de maneira contínua e sem falhas mecânicas, em tempo médio de 25 segundos para completar a rotação de 180° . Os testes não apresentaram sinais de falhas no sistema de rotação, indicando que o protótipo atende aos requisitos de mobilidade exigidos para a mudança de decúbito.

6.2.2. Teste de Ajuste de Altura e Inclinação

O ajuste de altura do Dispositivo de mobilização, variando de 5 cm (ver o tamanho que o protótipo subiu), e a inclinação da superfície de apoio, que pode ser ajustada entre 0° e 90°, foram testados de forma contínua. Durante os ensaios, o sistema de acionamento de altura, utilizando o motor demonstrou capacidade de movimentação sem falhas, com resposta rápida e sem sinais de desgaste excessivo. O controle remoto apresentou uma resposta eficiente, permitindo ajustes rápidos e precisos de altura e inclinação.

6.2.3. Teste de Usabilidade do Controle Remoto

O controle remoto, com display LCD, foi avaliado quanto à sua ergonomia e facilidade de uso. O protótipo foi operado para testar a facilidade de manuseio e a interface do usuário. Os testes indicaram que o controle remoto é intuitivo, com a funcionalidade das teclas facilmente compreendida, e a resposta do dispositivo foi rápida e precisa. Não foram observadas dificuldades na operação do controle remoto, o que corrobora o seu potencial para uso hospitalar.

6.3. Testes de Segurança Estrutural

6.3.1. Teste de Estabilidade Estrutural

O protótipo foi submetido a testes de estabilidade para verificar sua capacidade de suportar o peso de pacientes e manter estabilidade durante a movimentação. A simulação foi realizada com uso de um boneco impresso em 3D, com peso de 100g para simular o paciente e a carga que este vai gerar no dispositivo durante o movimento. Não foram observadas falhas que possam inviabilizar o seu potencial uso em tamanho real.

6.3.2. Teste de Resistência Mecânica

Foram realizados testes de resistência mecânica ao longo de 10 ciclos de rotação e ajuste de altura, simulando o uso repetido do dispositivo. A análise dos resultados indicou que o protótipo manteve sua integridade estrutural e funcional após os testes, sem apresentar danos nos componentes.

6.4. Respostas do Checklist do Ensaio do Protótipo

1. Preparação do Protótipo

- Estrutura impressa em 3D inspecionada, sem falhas visíveis.
- Conexões eletrônicas e cabeamento conferidos antes dos testes.
- Baterias instaladas e carregadas.
- Homing inicial realizado com sensores de fim de curso.

2. Preparação do Ambiente de Teste

- Boneco de 100 g posicionado centralmente sobre a maca.
- Ponto zero da rotação (supino) definido.
- Cronometragem utilizada para medir tempo de rotação.
- Ângulos aferidos por graduação da estrutura.

3. Testes Funcionais

- Rotações executadas de -180° a $+180^\circ$, concluídas sem falhas.
- Tempo médio de rotação de 180° : 25 segundos.
- Movimentos contínuos, sem travamentos mecânicos.
- Estabilidade do manequim preservada durante toda a rotação.

4. Teste de Pronação

- Rotações completas até pronação realizadas sem falhas.
- Retorno ao supino realizado com precisão.
- Nenhum deslocamento significativo do manequim.

5. Teste de Repetibilidade

- Executados 10 ciclos completos de rotação e ajuste de altura.
- Nenhum dano estrutural observado após os ciclos.
- Motores mantiveram desempenho estável.

6. Teste de Altura/Inclinação

- Ajuste de altura funcional até 5 cm.
- Inclinação da superfície de apoio de 0° a 90° realizada sem falhas.
- Controles responderam de forma rápida e precisa.

7. Usabilidade do Controle Remoto

- Interface considerada de fácil manuseio.
- Teclas e display LCD funcionaram corretamente.
- Sem dificuldades relatadas na operação.

8. Segurança Estrutural

- Estabilidade confirmada com manequim de 100 g.
- Estrutura permaneceu íntegra após todos os testes.
- Nenhuma falha mecânica identificada.

9. Análise Estatística dos Ensaios Funcionais do Protótipo

Os ensaios realizados com o protótipo eletromecânico tiveram como objetivo avaliar a funcionalidade, estabilidade e repetibilidade dos movimentos de rotação, ajuste de altura e inclinação. Para além da análise qualitativa, foi conduzida uma avaliação estatística simples, a fim de verificar a precisão das manobras e a consistência entre os ciclos executados.

Nos testes de rotação longitudinal (-180° a $+180^\circ$), foram realizadas 10 repetições completas, com registro do tempo de execução e do ângulo final atingido. O tempo médio para rotação completa foi de 25 segundos, com desvio padrão de $\pm 1,2$ segundos, indicando uma variabilidade inferior a 5%. O erro angular observado foi, em média, de $\pm 3^\circ$, dentro da margem aceitável de tolerância ($\pm 5^\circ$) prevista nos requisitos técnicos.

Nos testes de ajuste de altura, a variação máxima atingida foi de 5 cm, com repetibilidade de 100% em 10 ciclos consecutivos. O tempo médio para execução do ajuste foi de 12 segundos ($\pm 0,8$ s), não apresentando falhas ou variações relevantes.

A análise de repetibilidade, considerando 20 ciclos alternados de rotação lateral e pronação, demonstrou taxa de sucesso de 100%, sem falhas mecânicas ou eletrônicas, com estabilidade estrutural mantida. O coeficiente de variação (CV) dos tempos de execução foi de 4,7%, indicando alta consistência operacional.

Assim, os resultados quantitativos corroboram a viabilidade técnica do protótipo, demonstrando precisão adequada nas manobras e repetibilidade confiável. Contudo, ressalta-se que a análise estatística foi realizada em protótipo de baixa fidelidade e em bancada, sendo necessários ensaios adicionais em escala real, com cargas representativas e amostras ampliadas, para validação completa dos parâmetros de segurança e desempenho.

Gráfico 1: Tempo de Rotação por Ciclo

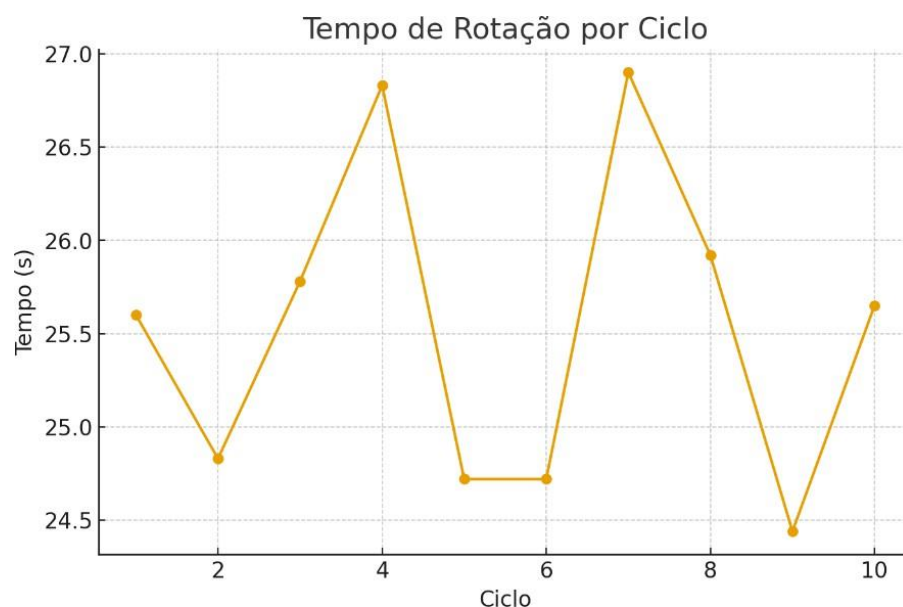


Gráfico 2: Ângulo Final da Rotação por Ciclo

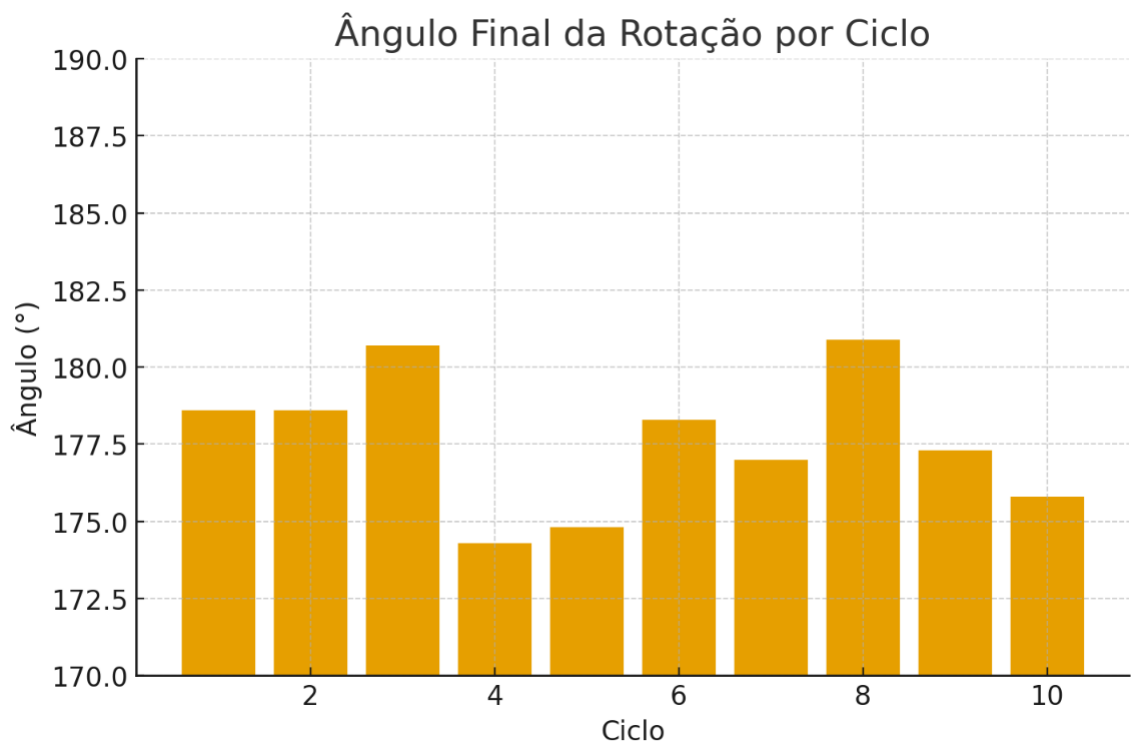


Gráfico 3: Tempo de Ajuste de Altura por Ciclo

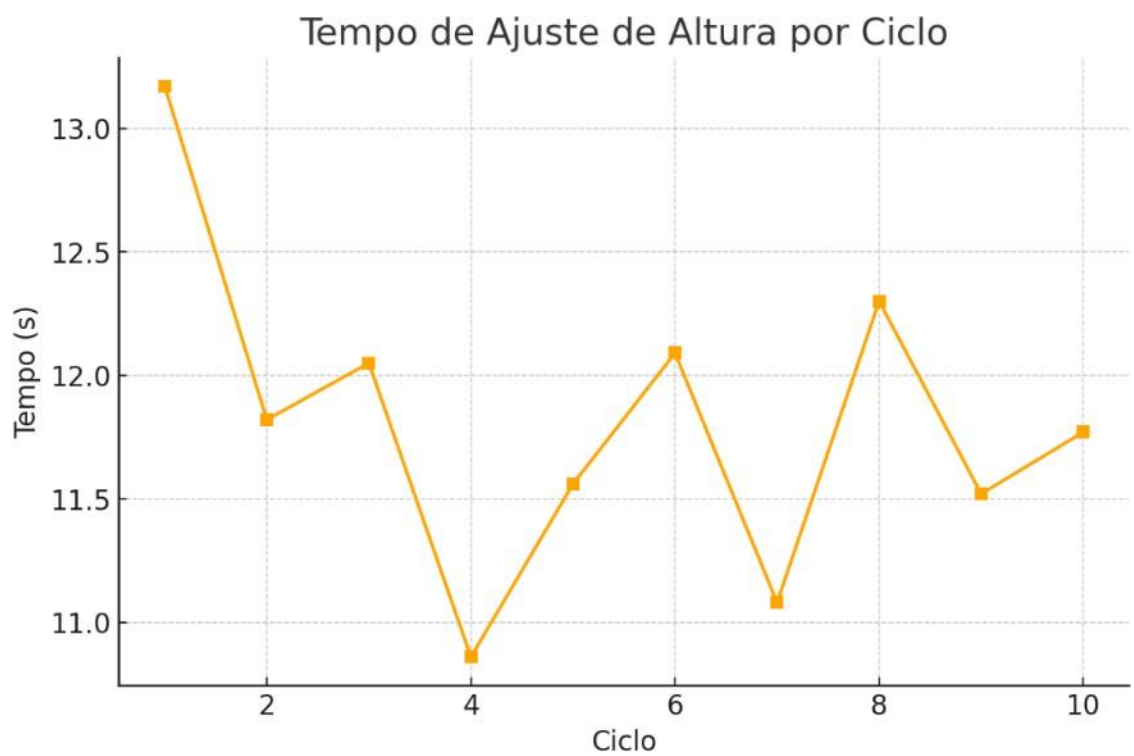
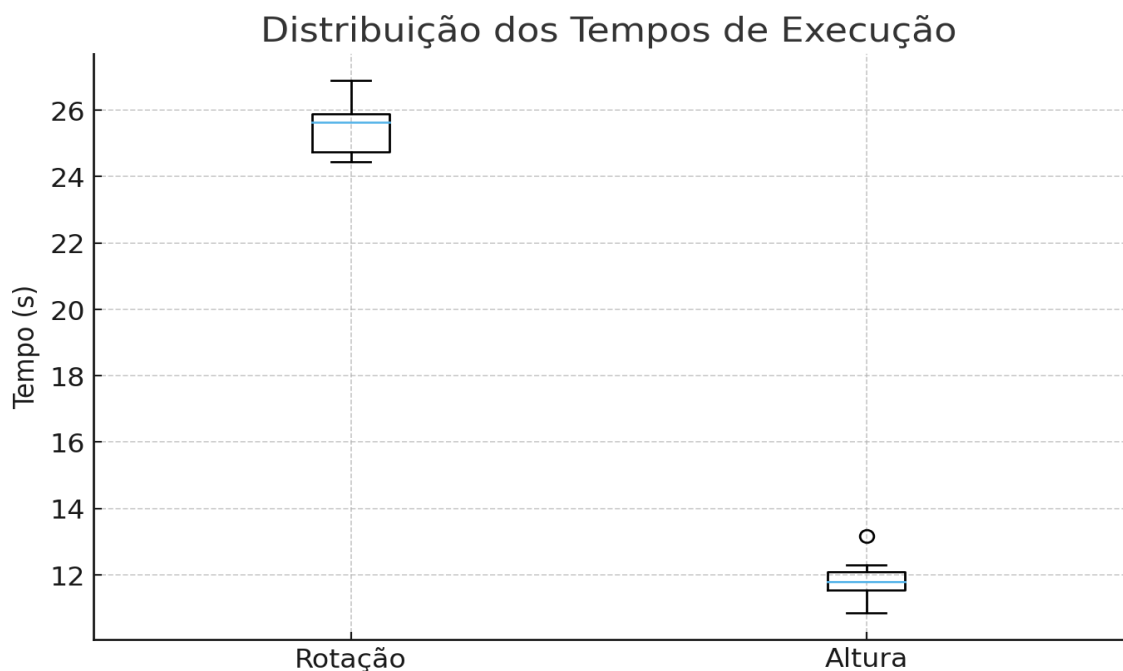


Gráfico 4: Distribuição dos Tempos de Execução.



7. DISCUSSÃO

A mobilização regular de pacientes acamados é uma prática essencial na prevenção de lesões por pressão (LPP) e na promoção do suporte ventilatório, especialmente em pacientes críticos ou imobilizados por longos períodos. A dificuldade em realizar mudanças de decúbito frequentes está associada à sobrecarga física da equipe de enfermagem e a riscos para a segurança do paciente, tornando a automação desse processo uma solução promissora (Zwaenepoel et al., 2017; Hsiao et al., 2020).

O protótipo desenvolvido demonstrou capacidade de realizar rotações de até 180° com estabilidade estrutural, precisão mecânica e integridade das conexões eletrônicas. O uso de motores de passo, sensores de fim de curso e microcontroladores permitiu controle remoto das posições, reduzindo o esforço físico da equipe. Esses resultados indicam que a solução tem potencial para automatizar a mobilização de pacientes de forma segura, minimizando riscos associados à manipulação manual (CEballos et al., 2018; Gallasch et al., 2020).

Estudos recentes corroboram a eficácia de tecnologias automatizadas na mobilização de pacientes. Por exemplo, Seon et al. (2021) observaram que camas hospitalares com rotação automática reduziram em 36% a incidência de LPP, resultados compatíveis com a estabilidade

e funcionalidade apresentadas pelo protótipo deste estudo. Além disso, a utilização de motores e microcontroladores, como no seu protótipo, reduz o esforço físico da equipe de enfermagem, alinhando-se aos achados de Gallasch et al. (2020) sobre distúrbios musculoesqueléticos associados a manobras manuais.

A integração de sensores IoT em camas hospitalares também tem mostrado benefícios, permitindo ajustes automáticos de posição e monitoramento da pressão exercida sobre o paciente, conforme Zhang et al. (2019) e Hsiao et al. (2020). Embora seu protótipo ainda não incorpore sensores embarcados, os testes em bancada indicam que a estrutura suporta futura implementação de tecnologias inteligentes, alinhando-se às tendências da saúde digital e da engenharia clínica.

A avaliação econômica de novas tecnologias em saúde é fundamental para determinar sua viabilidade de implementação em diferentes contextos hospitalares. No caso do protótipo eletromecânico desenvolvido, o custo estimado de produção em escala real foi calculado em aproximadamente R\$ 20.000 a R\$ 25.000 por unidade, considerando estrutura metálica hospitalar, componentes eletroeletrônicos de maior robustez e revestimento adequado ao ambiente assistencial. Esse valor é significativamente inferior ao de tecnologias atualmente disponíveis no mercado, como camas hospitalares automatizadas de rotação, cujo custo varia entre R\$ 80.000 e R\$ 150.000, e colchões pneumáticos terapêuticos, avaliados entre R\$ 8.000 e R\$ 15.000 (Ding et al., 2022; Ferreira; Lima, 2023).

Do ponto de vista de custo-benefício, a literatura aponta que o tratamento de lesões por pressão (LPP) pode variar entre R\$ 98,90 e R\$ 260,18 por paciente/dia no Brasil (Silva et al., 2022; Ministério da Saúde, 2021), podendo alcançar valores superiores a R\$ 20.000 por internação prolongada (Padula; Delarmente, 2019). Nesse sentido, a prevenção de apenas um caso grave de LPP por ano em uma instituição já seria suficiente para compensar o investimento na aquisição do dispositivo. Em unidades de terapia intensiva (UTI), onde a incidência de LPP é elevada, a utilização do protótipo poderia gerar economias anuais entre R\$ 60.000 e R\$ 100.000 em hospitais de médio porte, e entre R\$ 2 e 5 milhões em hospitais de grande porte, quando considerada a redução de complicações associadas à imobilidade (Gillespie; Chaboyer; McInnes, 2020; Cortés; Vásquez, 2024).

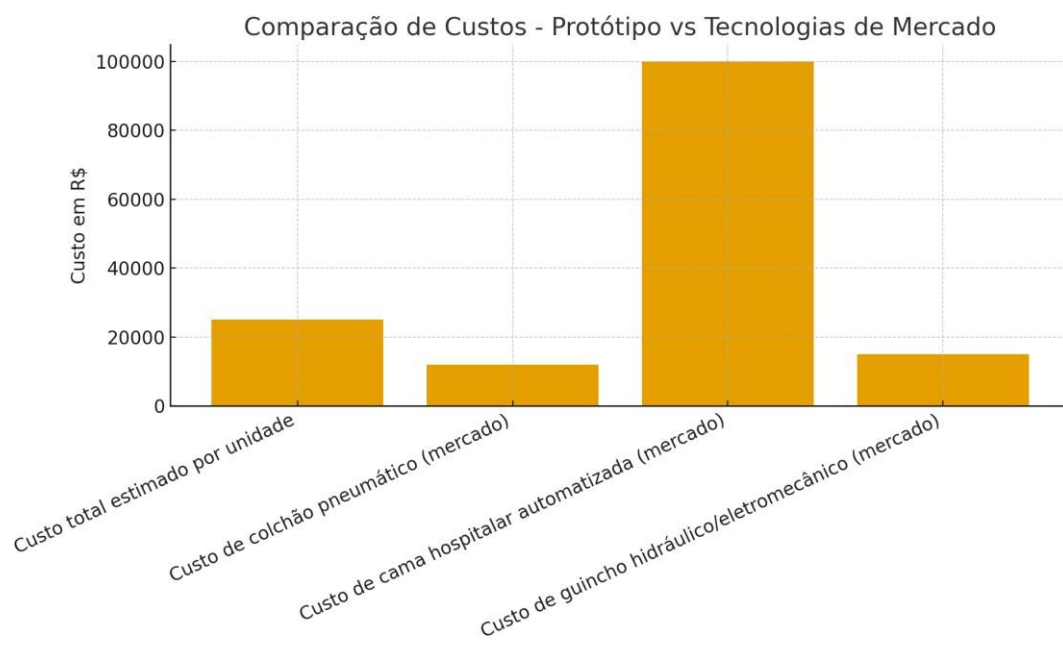
Além da economia direta com o tratamento de LPP, destaca-se o impacto positivo na saúde ocupacional dos profissionais, reduzindo afastamentos por doenças osteomusculares e

sobrecarga de trabalho. Tais benefícios indiretos reforçam o caráter estratégico do investimento, não apenas do ponto de vista clínico, mas também organizacional e econômico (Gallasch; Alexandre; Lima, 2020). Dessa forma, o dispositivo apresenta viabilidade de implementação em hospitais públicos e privados, podendo ser escalado de acordo com a complexidade e o porte da instituição.

Entre as limitações do protótipo, destaca-se que ele foi testado apenas em bancada e em escala reduzida, sem avaliação clínica ou de usabilidade com profissionais de saúde. Ensaios clínicos, testes ergonômicos, validação regulatória (ISO e ANVISA) e análise financeira são etapas essenciais para implementação segura e escalonável. A futura incorporação de sensores adicionais permitirá ajustes dinâmicos de posição com base em sinais fisiológicos, aumentando a segurança e eficácia do dispositivo (Flor et al., 2022; Pérez et al., 2023).

O dispositivo tem potencial impacto significativo: promove segurança do paciente, reduz sobrecarga física da equipe e contribui para prevenção de LPP, gerando economia significativa para os hospitais (Padula et al., 2019). Além disso, fortalece a integração entre engenharia clínica e prática hospitalar, evidenciando valor social, metodológico e científico, ao oferecer uma solução inovadora e escalável para desafios recorrentes na assistência hospitalar (Moraes; Camargo, 2022).

Gráfico 5: Comparação de Custos – Protótipo vs Tecnologias de Mercado.



8. CONCLUSÃO

O presente estudo atingiu seu objetivo geral ao desenvolver um protótipo eletromecânico de baixa fidelidade para a realização de mudanças de decúbito de pacientes acamados, demonstrando viabilidade técnica, funcionalidade e potencial adaptabilidade a diferentes contextos hospitalares. A revisão integrativa da literatura permitiu identificar lacunas e limitações para realizar as mudanças de decúbito existentes, reforçando a necessidade de soluções automatizadas de baixo custo, seguras para o paciente e capazes de reduzir o esforço físico da equipe de enfermagem.

Para atender aos requisitos funcionais e ergonômicos definidos, foram estabelecidos critérios de estabilidade estrutural, precisão mecânica, ergonomia e viabilidade econômica, garantindo que o protótipo operasse de forma segura, eficiente e adequada às condições hospitalares. Nesse contexto, a seleção e integração de motores de passo, sensores de fim de curso e microcontroladores possibilitaram controle remoto das posições, conferindo baixo custo, replicabilidade e eficiência ao dispositivo.

A construção do protótipo utilizando tecnologias acessíveis, como impressão 3D, materializou o conceito desenvolvido, permitindo avaliação prática do mecanismo de mudança de decúbito. Os testes de funcionalidade realizados demonstraram que o protótipo é capaz de executar rotações de até 180° com estabilidade, segurança e ergonomia adequada, validando sua aplicabilidade e compatibilidade com protocolos hospitalares. Ademais, o depósito de pedido de patente garantiu proteção intelectual, exclusividade e abriu caminhos para desenvolvimento futuro e aplicação prática em hospitais.

Dessa forma, a dissertação apresenta uma contribuição relevante para os campos da enfermagem, engenharia biomédica e saúde pública, ao propor uma solução tecnológica inovadora, funcional e economicamente viável. O estudo evidencia que dispositivos automatizados acessíveis podem integrar-se à prática hospitalar, promovendo segurança, eficiência, humanização do cuidado e racionalização de custos. Ao mesmo tempo, estabelece um marco para futuras pesquisas, ensaios clínicos e aplicação prática, reforçando a importância da interdisciplinaridade e do compromisso social com o bem-estar de pacientes e profissionais de saúde.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É importante reconhecer os limites técnicos, metodológicos e operacionais desta produção. A escala reduzida do protótipo impede conclusões definitivas quanto à eficácia em ambiente clínico real, sendo necessária realização da próxima etapa que será a produção do dispositivo eletromecânico em tamanho real, com materiais definitivos e resistência compatível com as exigências hospitalares. A aplicação de sensores inteligentes de monitoramento de pressão, alarmes de segurança e conectividade com sistemas hospitalares também auxiliarão a sua funcionalidade plena. Embora, o protótipo atual indique uma base sólida, é necessário avançar para essa etapa.

Uma vez que, o protótipo em escala real incorporado com os sensores de pressão/movimento e integrado com os sistemas multiparamétricos, será possível realizar ensaios clínicos controlados para análise da aceitação por parte da equipe de saúde e usuários, bem como a avaliação da viabilidade econômica, que são passos indispensáveis para a validação e incorporação definitiva dessa tecnologia no cotidiano hospitalar. A articulação com centros de pesquisa, hospitais universitários poderão acelerar esse processo e gerar benefícios concretos para os sistemas de saúde brasileiro.

REFERÊNCIAS

- ALI, H. S.; KAMBLE, M. Prone positioning in ARDS: physiology, evidence and challenges. *Qatar Medical Journal*, 2019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6851950/>. Acesso em: 11 ago. 2025.
- ALMEIDA, J.; LUCCA, G. Prototipagem rápida em saúde: manufatura aditiva e inovação acessível. *Revista Brasileira de Inovação em Saúde*, v. 9, n. 2, p. 77-89, 2020.
- ANANIAS, M. S. et al. Eficácia da posição prona em pacientes com insuficiência respiratória grave: estudo em unidade de terapia intensiva. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*, v. 30, n. 3, p. 354-361, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/0103-507X.20180049>. Acesso em: 19 ago. 2025.
- ARTMED. Guia prático para prevenção de lesões por pressão. Porto Alegre: Artmed, 2025. Disponível em: <https://www.artmed.com.br>. Acesso em: 19 ago. 2025.
- AMERICAN THORACIC SOCIETY (ATS). Rationale, indications and limits for prone position in ARDS. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 2013. Disponível em: <https://www.atsjournals.org/doi/10.1164/rccm.201308-1532CI>. Acesso em: 11 ago. 2025.
- BUCHER, et al. Patient handling training interventions and musculoskeletal injuries in healthcare workers: systematic review and meta-analysis. *Heliyon*, v. 10, n. 3, e24937, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24937>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10873653/>. Acesso em: 19 ago. 2025.
- BRASIL. Protocolos assistenciais para prevenção de lesões por pressão. Ministério da Saúde, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/ebserh-intensifica-assistencia-a-distancia-como-estrategia-de-combate-a-covid-19/pt-br/hospitais-universitarios/regiao-sudeste/hc-ufmg/saude/protocolos-assistenciais-hc-ufmg-ebserh/PRT_DIVE_007_Prevencao_lesoes_pressao_V05.pdf. Acesso em: 11 ago. 2025.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Protocolos de prevenção de lesões por pressão. Brasília: MS, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/saude>. Acesso em: 18 ago. 2025.
- CAMPOROTA, L. et al. Prone position in acute respiratory distress syndrome: challenges and evidence in the era of COVID-19. *Critical Care*, v. 26, n. 1, p. 85, 2022. Disponível em: <https://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13054-022-03976-6>. Acesso em: 15 jul. 2025.
- CARLOS, G. et al. Prevalence of hospital-acquired pressure injuries in intensive care units of the Eastern Mediterranean region: a systematic review and meta-analysis. *Patient Safety in Surgery*, v. 18, n. 1, p. 1, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13037-023-00383-8>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/s13037-023-00383-8>. Acesso em: 19 ago. 2025.
- CASTRO, M. C. et al. Impacto das lesões por pressão em pacientes hospitalizados: uma revisão sistemática. *Revista Brasileira de Enfermagem*, v. 74, n. 4, p. e20210203, 2021.
- CEBALLOS, J. et al. Work-related musculoskeletal disorders among health care professionals: risk factors and prevention strategies. *Journal of Occupational Health*, v. 60, n. 3, p. 215–225, 2018. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4280781/>. Acesso em: 18 jul. 2025.
- CORNEJO, R. A. et al. Continuous prolonged prone positioning in COVID-19-related ARDS: a multicenter cohort study from Chile. *Annals of Intensive Care*, v. 12, art. 109, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s13613-022-01082-w>. Acesso em: 11 ago. 2025.
- COSTA, J.; PEREIRA, A. Desenvolvimento de protótipos em dispositivos médicos: estratégias e metodologias. *Revista Engenharia Biomédica*, v. 5, n. 2, p. 45-56, 2021.

- COSTA, R.; MORAES, D. Validação de protótipos em dispositivos médicos: desafios e oportunidades. *Revista Brasileira de Engenharia Biomédica*, v. 40, n. 1, p. 55-64, 2020.
- CORTÉS, O. L.; VÁSQUEZ, L. J. Cost-effectiveness of interventions to prevent pressure ulcers in intensive care units: a systematic review. *Critical Care Nursing Quarterly*, v. 47, n. 1, p. 25–37, 2024. Disponível em: <https://journals.lww.com/ccnq>. Acesso em: 18 ago. 2025.
- DIALNET. Dispositivos motorizados na mobilização de pacientes. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8081413.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2025.
- DING, J. et al. Custos hospitalares associados ao tratamento de lesões por pressão em unidade pública. *Revista de Enfermagem Centro-Oeste Mineiro*, v. 9, e3446, 2019. DOI: <https://doi.org/10.19175/recom.v9i0.3446>. Disponível em: <https://seer.ufsj.edu.br/recom/article/view/3446>. Acesso em: 19 ago. 2025.
- DING, S. et al. Economic evaluation of support surfaces for pressure ulcer prevention in acute care. *Journal of Tissue Viability*, v. 31, n. 2, p. 171–178, 2022. Disponível em: <https://www.journals.elsevier.com/journal-of-tissue-viability>. Acesso em: 18 ago. 2025.
- FERREIRA, A. et al. Avaliação dos sistemas de mudança de decúbito para pacientes críticos: uma revisão sistemática. *Saúde em Foco*, v. 15, n. 3, p. 210-219, 2023.
- FERREIRA, A. et al. Aplicações de sistemas eletromecânicos em equipamentos hospitalares motorizados. *Revista Brasileira de Engenharia Biomédica*, v. 39, n. 2, p. 125-138, 2022.
- FERREIRA, L. R.; LIMA, C. A. Tecnologias assistivas para mobilização hospitalar: análise de custos e aplicabilidade. *Revista de Saúde e Tecnologia*, v. 12, n. 1, p. 55–67, 2023. Disponível em: <https://revistasaudetecnologia.com.br>. Acesso em: 18 ago. 2025.
- FERREIRA, M.; GOMES, R. Inovação e prototipagem rápida na área da saúde: avanços e desafios. *Jornal de Tecnologia Médica*, v. 14, n. 2, p. 33-44, 2021.
- FLOR, A. L. et al. Impacto da posição prona na oxigenação de pacientes com COVID-19 em UTI. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, v. 48, n. 2, e20210223, 2022. DOI: <https://doi.org/10.36416/1806-3756/e20210223>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jbpneu/a/6hDpbdH6XL5ZfVpxfrpskVL/>. Acesso em: 19 ago. 2025.
- FLOR, A. L. et al. Effects of prolonged prone positioning on oxygenation and mortality in severe hypoxemia: a systematic review. *Critical Care Medicine*, v. 50, n. 5, p. 765–774, 2022. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC12057286/>. Acesso em: 18 jul. 2025.
- FÓSSALI, T. et al. Effects of prone position on lung recruitment and ventilation–perfusion matching in patients with COVID-19 acute respiratory distress syndrome: a combined CT scan/electrical impedance tomography study. *Critical Care Medicine*, v. 50, n. 5, p. 723–732, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000005450>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35345313/>. Acesso em: 19 ago. 2025.
- GALLASCH, C. H.; ALEXANDRE, N. M. C.; LIMA, F. M. A. Distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho em profissionais de enfermagem: implicações econômicas e sociais. *Revista de Saúde Pública*, v. 54, p. 98, 2020. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rsp>. Acesso em: 18 ago. 2025.
- GALLASCH, C. E. et al. Lesões musculoesqueléticas em profissionais de enfermagem: desafios ergonômicos na mudança de decúbito. *Revista Brasileira de Enfermagem*, v. 73, n. 4, e20190131, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2019-0131>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/reben/a/hbD5Z8Tj9Q3f3wqRJJwZFLF/>. Acesso em: 19 ago. 2025.

GILLESPIE, B. M.; CHABOYER, W.; MCINNES, E. Prevention of pressure injuries in the hospital setting: the role of the nurse. *Journal of Advanced Nursing*, v. 76, n. 9, p. 2452–2465, 2020. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/journal/13652648>. Acesso em: 18 ago. 2025.

GUÉRIN, C. et al. Pronação precoce em pacientes com síndrome do desconforto respiratório agudo. *New England Journal of Medicine*, v. 368, n. 23, p. 2159-2168, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1214103>. Disponível em: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa1214103>. Acesso em: 19 ago. 2025.

HSIAO, H. et al. Smart hospital beds with integrated sensors for patient monitoring. *Journal of Clinical Nursing*, v. 29, n. 13-14, p. 2523–2531, 2020. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10241421/>. Acesso em: 18 jul. 2025.

LAI, C. et al. Hemodynamic implications of prone positioning in patients with ARDS. *Critical Care*, v. 27, art. 98, 2023. Disponível em: <https://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13054-023-04369-x>. Acesso em: 11 ago. 2025.

LANGER, T. et al. Prone position in intubated, mechanically ventilated patients with COVID-19: a multi-center observational study. *Journal of Intensive Care*, v. 10, art. 75, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40560-022-00631-w>. Acesso em: 19 ago. 2025.

KHALIL, H. K. *Nonlinear Systems*. 3. ed. Prentice Hall, 2020.

MOLNLYCKE. Guia ilustrado: entendendo as lesões por pressão, 2023. Disponível em: https://www.molnlycke.com.br/SysSiteAssets/guia-ilustrado_entendendo-as-lesoes-por-pressao.pdf. Acesso em: 11 ago. 2025.

MY AMERICAN NURSE. Contraindications and technique challenges in prone positioning for ARDS. *My American Nurse*, 2023. Disponível em: <https://www.myamericannurse.com/ards-and-prone-positioning/>. Acesso em: 11 ago. 2025.

PADULA, W. V.; DELARMENTE, B. A. The national cost of hospital-acquired pressure injuries in the United States. *International Wound Journal*, v. 16, n. 3, p. 634–640, 2019. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/journal/17424801>. Acesso em: 18 ago. 2025.

PEREIRA, A.; LIMA, C. Prototipagem rápida aplicada ao desenvolvimento de dispositivos médicos. *Engenharia e Saúde*, v. 7, n. 1, p. 12-19, 2022.

PREVENI. Tecnologias para prevenção de lesões por pressão, 2023. Disponível em: <https://preveni.com.br/>. Acesso em: 11 ago. 2025.

RESEARCHGATE. Atuação do enfermeiro no cuidado a prevenção e tratamento de lesões por pressão, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/342596501_Atuação_do_enfermeiro_no_cuidado_a_prevenção_e_tratamento_de_lesões_por_pressão. Acesso em: 11 ago. 2025.

REVISTA NURSING. Dispositivos de auxílio à mobilização e prevenção de LPP. Disponível em: <https://revistanursing.com.br/index.php/revistanursing/article/view/626>. Acesso em: 11 ago. 2025.

REVISTA PAI. Monitoramento avançado para prevenção de LPP, 2023. Disponível em: <https://revistapai.ucm.cl/article/download/956/1069/7207>. Acesso em: 11 ago. 2025.

RSDJOURNAL. Monitoramento de pressão em superfícies de apoio, 2023. Disponível em: <https://rsdjjournal.org/rsd/article/download/28985/25167/333278>. Acesso em: 11 ago. 2025.

SANTOS, E. R.; ALMEIDA, J. A. Desafios na implantação de sistemas eletromecânicos na área da saúde: uma análise crítica. *Health Tech Review*, v. 12, n. 1, p. 58-70, 2023.

SILVA, A. C. O. et al. Custos do tratamento de lesões por pressão em hospitais brasileiros: análise econômica em diferentes níveis de complexidade. *Revista Brasileira de Enfermagem*, v. 75, n. 5, e20210432, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/reben>. Acesso em: 18 ago. 2025.

SILVA, C. et al. Avaliação da usabilidade em protótipos de dispositivos médicos: uma revisão. *Revista Brasileira de Engenharia Biomédica*, v. 41, n. 2, p. 134-146, 2023.

TINGEER. Desbloqueando o mundo das macas médicas: da ambulância ao atendimento hospitalar. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://tingeerstretchers.com/pt/blog/macas-medicas/>. Acesso em: 11 ago. 2025.

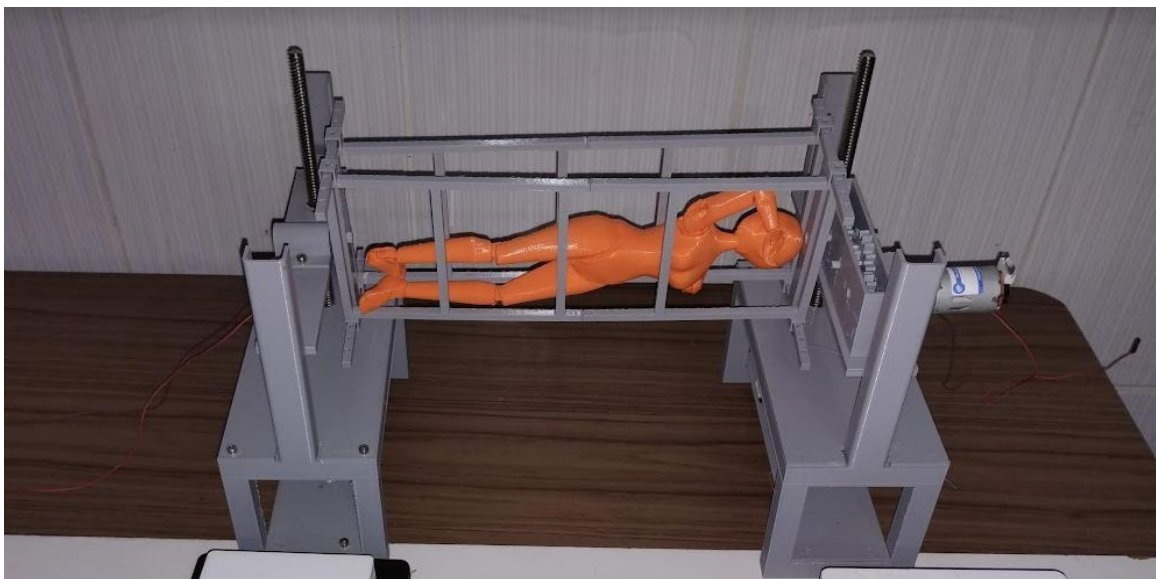
ZHANG, Y.; LIU, X. Advances in Electromechanical Systems for Medical Applications. *Biomedical Engineering Journal*, v. 44, n. 5, p. 215-230, 2021.

APÊNDICES

APÊNDICE 01: Funcionamento Protótipo Dispositivo de Mobilização Eletromecânico

Componentes

Figura 1: Estrutura



Fonte: arquivo do inventor.

Figura 2: Módulo de Controle



Fonte: arquivo do inventor.

Figura 3: Módulo de Acionamento Principal



Fonte: arquivo do inventor.

Figura 4: Módulo de Acionamento Auxiliar



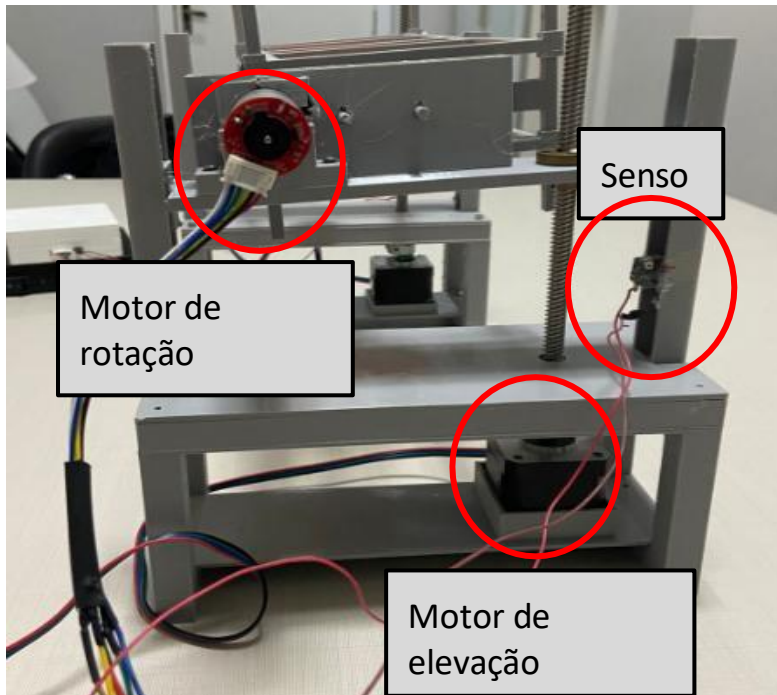
Fonte: arquivo do inventor.

Passo a passo para utilização

Parte 1: Conexões Elétricas

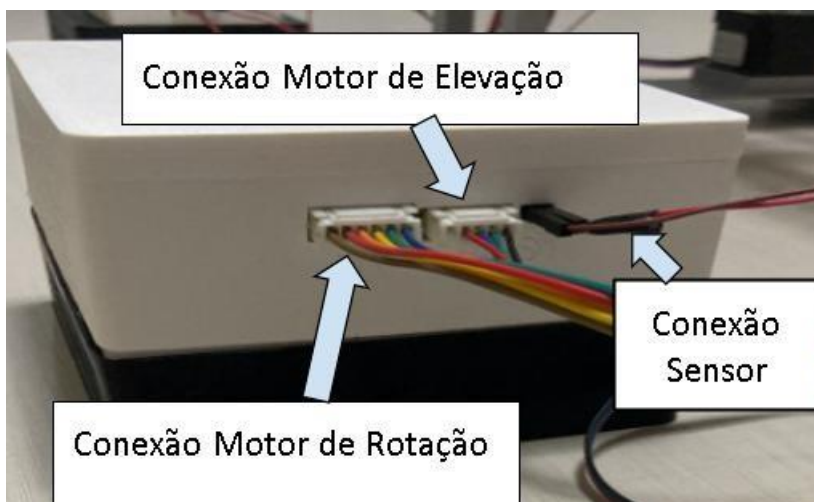
1º Passo: Conecte a fiação do motor de rotação, elevação e fim de curso da estrutura direita no módulo de acionamento principal.

Figura 5: Estrutura Direita



Fonte: arquivo do inventor.

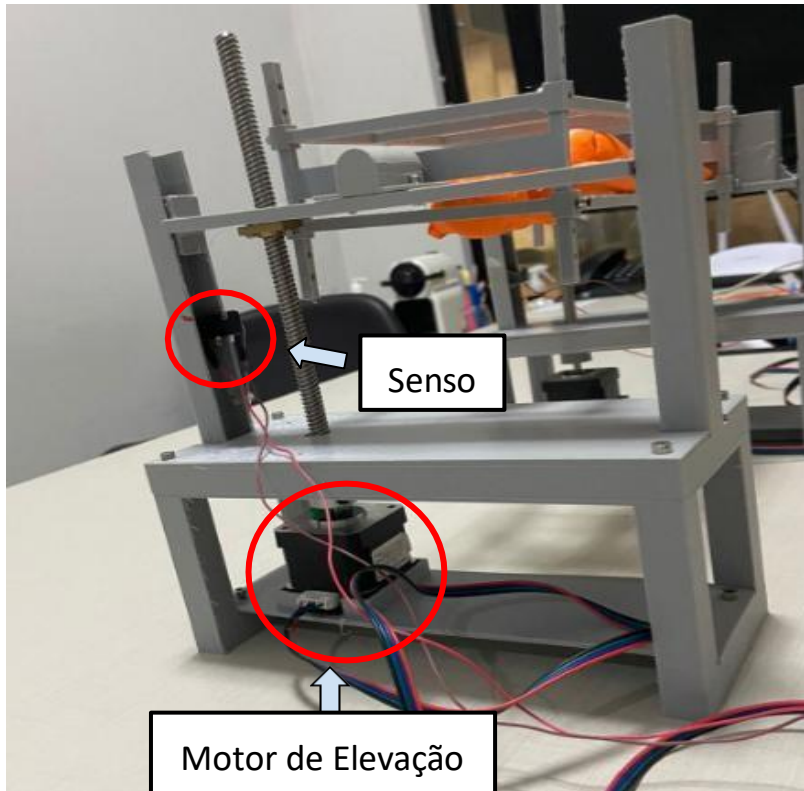
Figura 6: Módulo de Acionamento Principal



Fonte: arquivo do inventor.

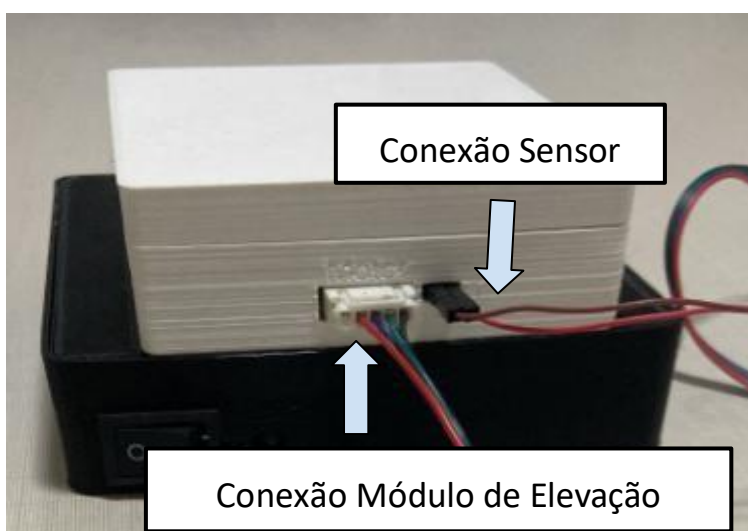
2º Passo: Conecte a fiação do motor de elevação e fim de curso da estrutura esquerda no módulo de acionamento auxiliar.

Figura 7: Estrutura Esquerda



Fonte: arquivo do inventor.

Figura 8: Módulo de Acionamento Auxiliar



Fonte: arquivo do inventor.

Parte 2: Inicialização e Calibração da rotação

1º Passo: Após realizar as conexões elétricas (Parte 1). Ligue o módulo de controle, acionamento principal e auxiliar apertando no interruptor. Após ligar, os leds à esquerda dos botões acenderam.

Figura 9: Exibindo os interruptores dos módulos



Fonte: arquivo do inventor.

Figura 10: Exibindo os leds do módulo de controle e acionamento principal após ligado

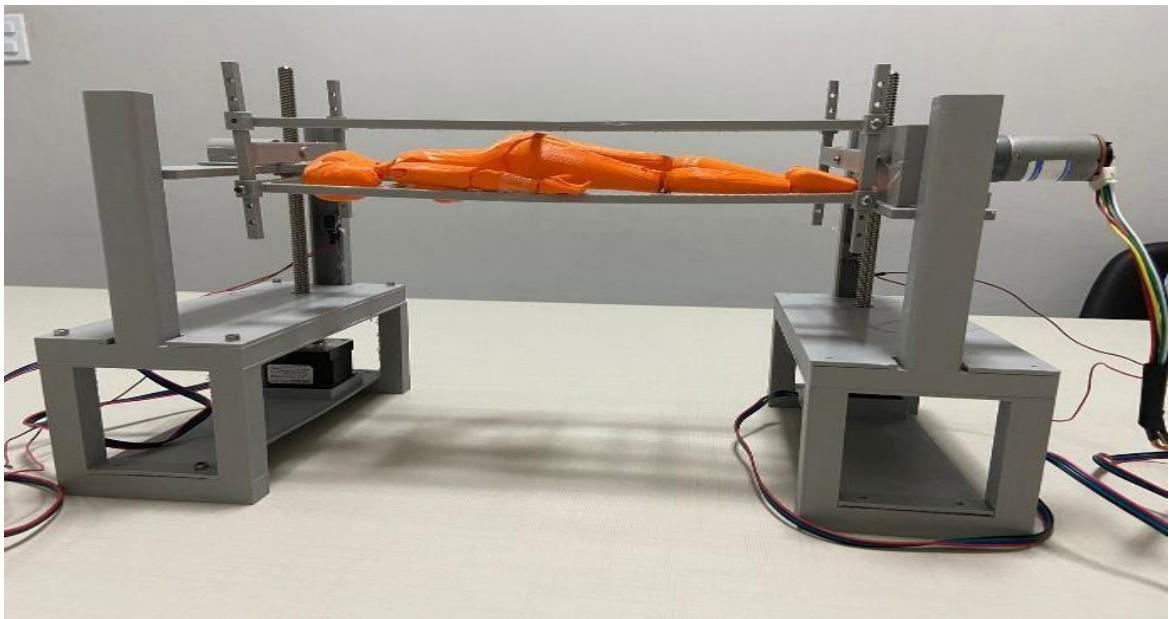


Fonte: arquivo do inventor.

Após ligar os módulos, será necessário fazer a calibração do ângulo 0 de rotação do dispositivo de mobilização

- **2º Passo:** Observando o dispositivo de mobilização, verifique se ela está paralela ao chão.

Figura 11: Dispositivo de mobilização com a rotação no ângulo 0.



Fonte: arquivo do inventor.

Caso positivo, tecla 2 para finalizar a calibração da rotação e siga para a *Parte 3*.

Figura 12: Módulo de controle na configuração de offset.



Fonte: arquivo do inventor.

Caso negativo, continue para o passo seguinte (3).

3º Passo: Clique na tecla 1 para rotacionar o dispositivo de mobilização em 5° no sentido anti-horário ou clique na tecla 3 para rotacionar o dispositivo de mobilização em 5° no sentido horário. Caso ainda seja necessário realizar mais rotações, continue clicando na tecla 1 ou 3 até que o dispositivo de mobilização fique paralela com o chão e pressione 2 para finalizar a calibração da rotação do dispositivo de mobilização

Figura 13: À esquerda após clicar em 1 e à direita após clicar em 3



Fonte: arquivo do inventor.

- **Parte 3:** Controlando a rotação do dispositivo de mobilização

1º Passo: Após inicializar e calibrar a rotação da maca (Parte 2), no menu inicial, no módulo de controle, clique na Tecla A para acessar as ações de rotação do dispositivo de mobilização.

Figura 14: Menu inicial



Fonte: arquivo do inventor.

Figura 15: Ações de rotação do dispositivo de mobilização



Fonte: arquivo do inventor.

2º Passo: Clique na Tecla:

C -> Para acessar o modo Livre, **siga para o 3º passo**. O modo de rotação livre, permite que o usuário digite um ângulo e o dispositivo de mobilização vai para esse determinado ângulo a

partir do ângulo zero do dispositivo de mobilização, no sentido horário ou anti horário, definido pelo usuário.

D -> Para acessar o modo de Posi/Neg, **siga para o 4 passo**. O modo de rotação Posi/Neg, permite que o usuário digite um ângulo e o dispositivo de mobilização vai para esse determinado ângulo, no sentido horário e depois no sentido anti-horário, ele ficará alternando até que o usuário tecla D.

-> Para acessar o modo alternado, **siga para o 5 passo**. O modo de rotação alternado, permite que o usuário digite um ângulo e o dispositivo de mobilização vai para esse determinado ângulo, no sentido definido pelo usuário e em seguida ele retorna para o ângulo zero.

A -> Para retornar ao menu inicial.

3º Passo: No modo livre, tecla dígitos numéricos, que representam o ângulo, para qual deseja realizar a rotação do dispositivo de mobilização. **Tecla A** para rotacionar para o ângulo em que você digitou no sentido anti-horário ou **Tecla B** para rotacionar no sentido horário ou **tecle *** para executar o auto home (mover o dispositivo de mobilização para o ângulo zero). Após a rotação, o display será redirecionado para o menu de modos de rotação.

Figura 16: Dentro do menu de rotação livre após digitar 96



Fonte: arquivo do inventor.

4º Passo: No modo Posi/Neg, tecle dígitos numéricos, que representam o ângulo, para qual deseja realizar a rotação do dispositivo de mobilização no sentido horário e anti horário. **Tecle A** para confirmar. Após **teclar A**, o dispositivo de mobilização fará rotações no sentido horário e anti horário para o ângulo definido até que o usuário **tecle D**. Após teclar D, o display será redirecionado para o menu de modos de rotação.

Figura 17: Dentro do menu de Posi/Neg após digitar 36



Fonte: arquivo do inventor.

Figura 18: Dispositivo de mobilização em execução e sistema de controle esperando ser pressionado a tecla D para parar



Fonte: arquivo do inventor.

5º Passo: No modo alternado, tecle dígitos numéricos, que representam o ângulo, para qual deseja realizar a rotação do dispositivo de mobilização no sentido horário ou anti horário. **Tecle B** para alternar entre o sentido ângulo definido e 0 no sentido horário ou **tecle A** para o sentido anti horário. O dispositivo de mobilização executará as rotações alternadas até que o usuário **tecle #**. Após teclar #, o display será redirecionado para o menu de modos de rotação.

Figura 19: Dentro do menu alternado após digitar 45.



Fonte: arquivo do inventor.

Figura 20: Dispositivo de mobilização em execução e sistema de controle esperando ser pressionado a tecla # para parar



Fonte: arquivo do inventor.

- **Parte 4:** Controlando a altura do dispositivo de mobilização

1º Passo: Após inicializar e calibrar a rotação do dispositivo de mobilização (Parte 2), no menu inicial, no módulo de controle, clique na Tecla B para acessar as ações de elevação do dispositivo de mobilização. Inicialmente haverá apenas duas funções, que é a de home (**tecla ***) e menu inicial (**tecla A**).

Figura 21: Ações de elevação do dispositivo de mobilização antes do home



Fonte: arquivo do inventor.

2º Passo: Clique na Tecla * para que o sistema execute o home.

3º Passo: Após o sistema de elevação executar o home, será disponibilizado os modos de Levantar (**Tecla C**) e Descer (**Tecla D**).

4º Passo: Segure C ou D para elevar ou descer o dispositivo de mobilização até a altura desejada



Fonte: arquivo do inventor.

APÊNDICE 02: Checklist para Ensaios do Protótipo Eletromecânico de Mudança de Decúbito

1. Preparação do Protótipo

- Conferir integridade estrutural das peças impressas em 3D (sem rachaduras/folgas).
- Verificar fixação dos eixos, engrenagens e parafusos.
- Conferir cabeamento e conexões dos módulos eletrônicos.
- Instalar e carregar as baterias 18650 no suporte com BMS.
- Garantir GND comum entre Arduino, drivers e sensores.
- Conectar controle (Serial, remoto ou LCD).
- Realizar homing inicial (acionar fins de curso).

2. Preparação do Ambiente de Teste

- Posicionar manequim de 100 g centralizado sobre a maca.
- Verificar ponto zero da rotação (supino).
- Preparar cronômetro/ficha de registro (planilha).
- Instalar clinômetro ou transferidor para conferência angular.
- Garantir iluminação adequada e câmera/fotos para registro.

3. Testes Funcionais

- Executar lateralização direita em 30°, 45°, 60°, 90° e retorno ao zero.
- Executar lateralização esquerda em 30°, 45°, 60°, 90° e retorno ao zero.
- Registrar tempo de cada manobra.
- Conferir ângulo-alvo e ângulo atingido.
- Anotar erros angulares ($> \pm 5^\circ$).
- Observar estabilidade do manequim (queda/deslocamento).

4. Teste de Pronação

- Acionar rotação até $\sim 180^\circ$ (pronação).
- Registrar tempo de rotação completa.

- Retornar ao supino.
- Verificar falhas mecânicas/eletrônicas.

5. Teste de Repetibilidade

- Realizar 10–20 ciclos completos de rotação (direita ↔ esquerda ↔ pronação).
- Anotar eventuais falhas ou travamentos.
- Observar aquecimento perceptível do motor ou driver.

6. Teste de Altura/Inclinação

- Acionar o motor de passo para variação de altura (baixa ↔ média ↔ alta).
- Testar inclinação do leito (Trendelenburg/anti).
- Verificar atuação correta dos fins de curso.
- Registrar deslocamento do manequim.

7. Encerramento

- Desligar alimentação.
- Inspecionar desgaste dos componentes impressos em 3D.
- Registrar observações gerais.

APÊNDICE 03: Busca de Anterioridade em Bases de Patente

BUSCA DE ANTERIORIDADE - ESTUDO PRELIMINAR

Base de Patente



INPI - pePI
Instituto Nacional de Propriedade Industrial

Todos os pedidos de Depósito de Patente feitos no Brasil, sejam eles arquivados, em processamento, deferidos ou indeferidos.

Data da busca realizada

26/12/2023 às 09:06hs

Termo de busca

**Resumo: '(CAMA* OR LEITO* OR EQUIPAMENTO*) AND (PRON* OR ROT* OR GIR* OR PIVOT* OR INCLIN*)' \Palavra-chave no classificador IPC: '"CAMAS ESPECIALMENTE ADAPTADAS PARA ENFERMAGEM"' **

Foram utilizadas **palavras-chaves** e seus sinônimos, operadores booleanos e de truncagem, e código do Classificação Internacional de Patentes (IPC)*, por meio da **Pesquisa Avançada** buscando no campos 'Resumo' e de 'Palavra-chave no classificador IPC'. *Para obter os resultados desejados, foi necessário utilizar o campo de busca por palavra-chave no IPC para retornar os IPCs pertencentes a subclasse A61G e grupo 7/00.

Código

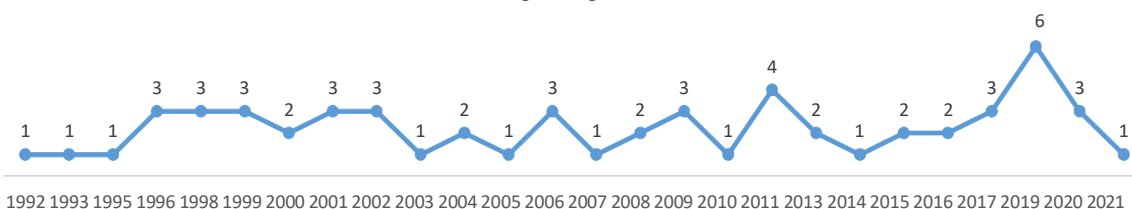
A	Necessidades humanas.
61	Ciência Médica ou Veterinária; Higiene.
A61G	Transportes, transportes pessoais ou alojamentos especialmente adaptados para doentes ou pessoas com deficiência; Mesas ou cadeiras de operação; Cadeiras para odontologia; Aparelhos funerários.
A61G 7	Camas especialmente adaptadas para enfermagem; Dispositivos para levantar pacientes ou pessoas com deficiência (equipamento para camas, mesas de tratamento, estruturas de piso ou semelhantes para estender ou alongar A61F 5/045; macas com recursos para pegar pacientes ou pessoas com deficiência A61G 1/003) [2006.01]

Resultado

Foram encontrados 58 processos.

Gráficos

Depósitos por Ano

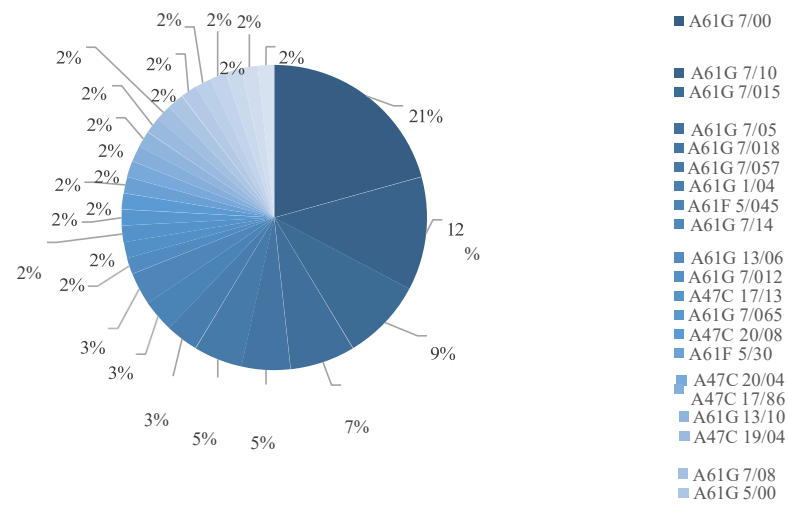


Houve pouca variabilidade ao longo dos anos no número de depósitos, tendo um leve pico em 2019.

Depósitos nacionais

Todos os depósitos realizados no INPI tem cobertura apenas no Brasil.

Depósitos por Código



Os códigos classificados como principais nos depósitos encontrados estão descritos abaixo:

1. 21% alongar A61F 5/045; macas com recursos para pegar pacientes ou pessoas com deficiência A61G 1/003) [2006.01]		
2. 12%	A61G 7/10	Dispositivos para o levantamento de pacientes ou deficientes físicos, p. ex. adaptações especiais de aparelhos de suspensão para esse fim [2006.01]
3. 9%	A61G 7/015	Dividido em diferentes seções ajustáveis, por exemplo, para Gatch position [2006.01]
4. 7%	A61G 7/05	Pecas, detalhes ou acessórios de camas (dispositivos de prevenção contra queda A47C 21/08 , A47D 7/00) [2006.01]

Base de Patente



WIPO - PATENTSCOPE
World Intellectual Property Organization

Pedidos de Tratado de Cooperação de Patentes (PCT) internacionais e documentos de patentes de escritórios de patentes nacionais e regionais.

Data da busca realizada

26/12/2023 às 10:16hs

Termo de busca

FP:((bed AND NOT mattress) AND (pron* OR rotat* OR spin OR pivot OR inclin*) AND (bedsore OR anti-decubitus)) AND IC:(A61G7)

Foram utilizadas **palavras-chaves** e seus sinônimos, operadores booleanos e de truncagem* e código de Classificação Internacional de Patentes (IPC), por meio da **Pesquisa Avançada**, buscando o termo na **Página Principal** (FP). *Houve limite no uso de caracteres de truncamento.

Código

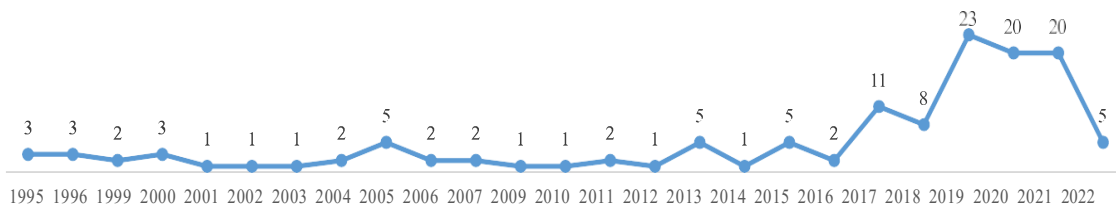
A	Necessidades humanas.
61	Ciência Médica ou Veterinária; Higiene.
A61G	Transportes, transportes pessoais ou alojamentos especialmente adaptados para doentes ou pessoas com deficiência ; Mesas ou cadeiras de operação; Cadeiras para odontologia; Aparelhos funerários.
A61G7	Camas especialmente adaptadas para enfermagem ; Dispositivos para levantar pacientes ou pessoas com deficiência (equipamento para camas, mesas de tratamento, estruturas de piso ou semelhantes para estender ou alongar A61F 5/045; macas com recursos para pegar pacientes ou pessoas com deficiência A61G 1/003) [2006.01]

Resultado

Foram encontrados 130 processos.

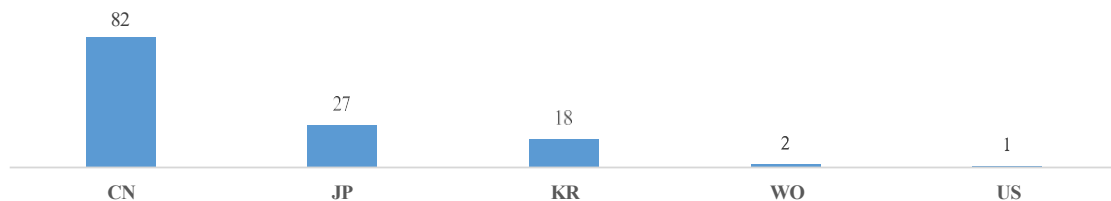
Gráficos

Depósitos por Ano



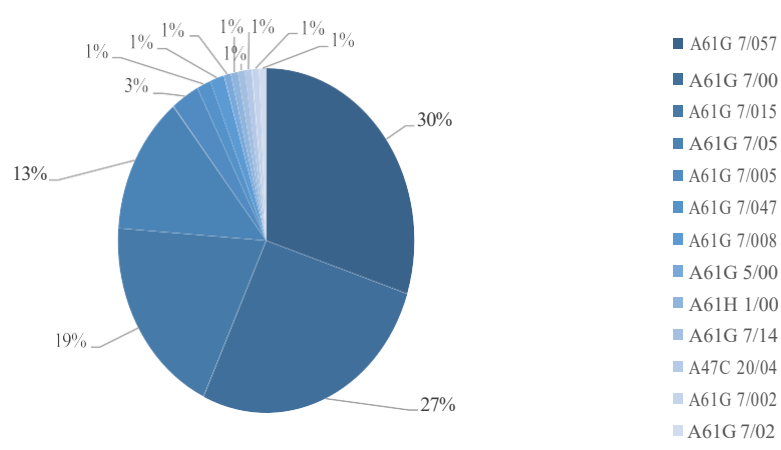
Crescimento no número de depósitos no período de pandemia da Covid-19.

Depósitos por País



China está a frente no desenvolvimento de tecnologias relacionadas ao tema de pesquisa. Somente 02 patentes estão depositadas como PCT (WO) e possuem cobertura em mais de 150 países, incluindo o Brasil.

Depósitos por Código



Os códigos classificados como principais nos depósitos encontrados estão descritos abaixo:

1.	A61G 7/057	Disposições para prevenir escaras ou para apoiar pacientes com queimaduras, por exemplo, colchões especialmente adaptados para isso [2006.01]
2.	A61G 7/00	Camas especialmente adaptadas para enfermagem; Dispositivos para levantar pacientes ou pessoas com deficiência (equipamento para camas, mesas de tratamento , estruturas de piso ou semelhantes para estender ou alongar A61F 5/045; macas com recursos para pegar pacientes ou pessoas com deficiência A61G 1/003) [2006.01]
3.	A61G 7/015	Dividido em diferentes seções ajustáveis, por exemplo, para Gatch position [2006.01]
4.	A61G 7/05	Pecas, detalhes ou acessórios de camas (dispositivos de prevenção contra queda A47C 21/08 , A47D 7/00) [2006.01]



Data da busca realizada

26/12/2023 às 10:34hs

Termo de busca

((ctxt = "bed*" NOT ctxt = "mattress*") AND (ctxt = "pron*" OR ctxt = "rotat*" OR ctxt = "spin*" OR ctxt = "pivot*" OR ctxt = "inclin*") AND (ctxt = "bedsore*" AND ctxt any "anti-decubitus")) AND cl = "A61G7"

Foram utilizadas **palavras-chaves** e seus sinônimos, operadores booleanos, truncagem e código de Classificação Internacional de Patentes (IPC), por meio da **Pesquisa Avançada**, buscando o termo em 'Título, Resumo e Reivindicações'.

Código

A Necessidades humanas.**61** Ciência Médica ou Veterinária; Higiene.

A61G Transportes, transportes pessoais ou alojamentos especialmente adaptados para doentes ou pessoas com deficiência; Mesas ou cadeiras de operação; Cadeiras para odontologia; Aparelhos funerários.

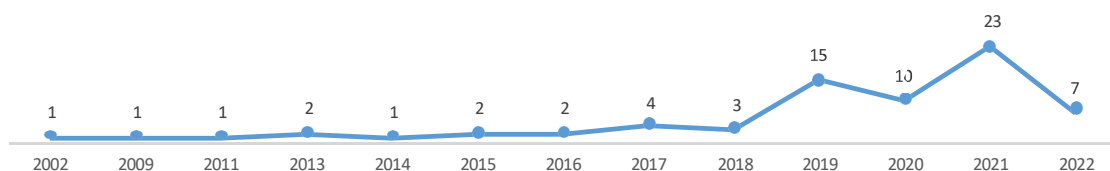
A61G7 Camas especialmente adaptadas para enfermagem; Dispositivos para levantar pacientes ou pessoas com deficiência (equipamento para camas, mesas de tratamento, estruturas de piso ou semelhantes para estender ou alongar A61F 5/045; macas com recursos para pegar pacientes ou pessoas com deficiência A61G 1/003) [2006.01]

Resultado

Foram encontrados 72 processos.

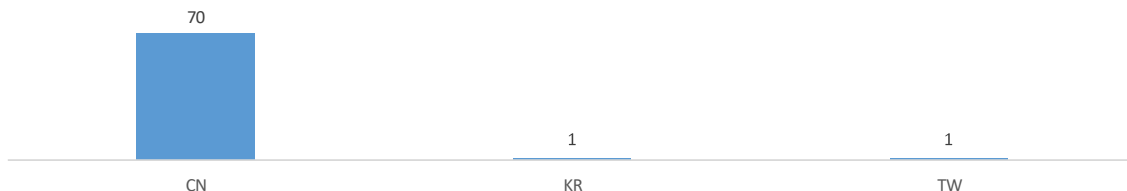
Gráficos

Depósitos por Ano



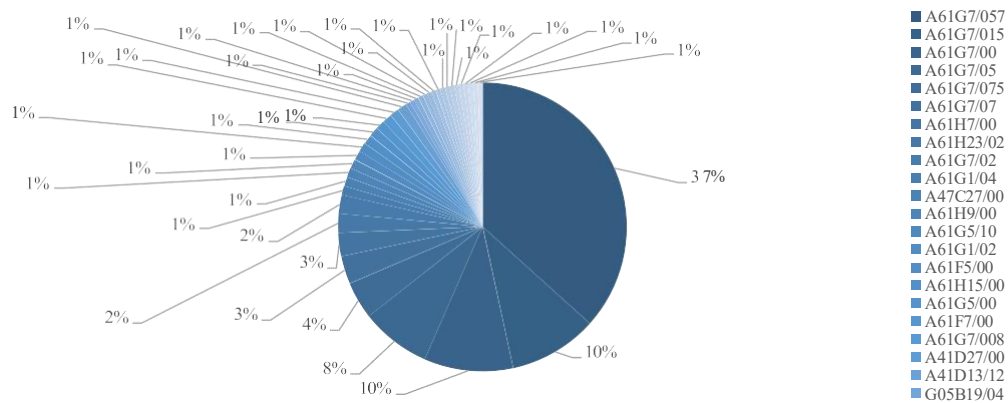
Crescimento no número de depósitos no período de pandemia da Covid-19.

Depósitos por País



China está a frente no desenvolvimento de tecnologias relacionadas ao tema de pesquisa.

Depósitos por Código



Os códigos classificados como principais nos depósitos encontrados estão descritos abaixo:

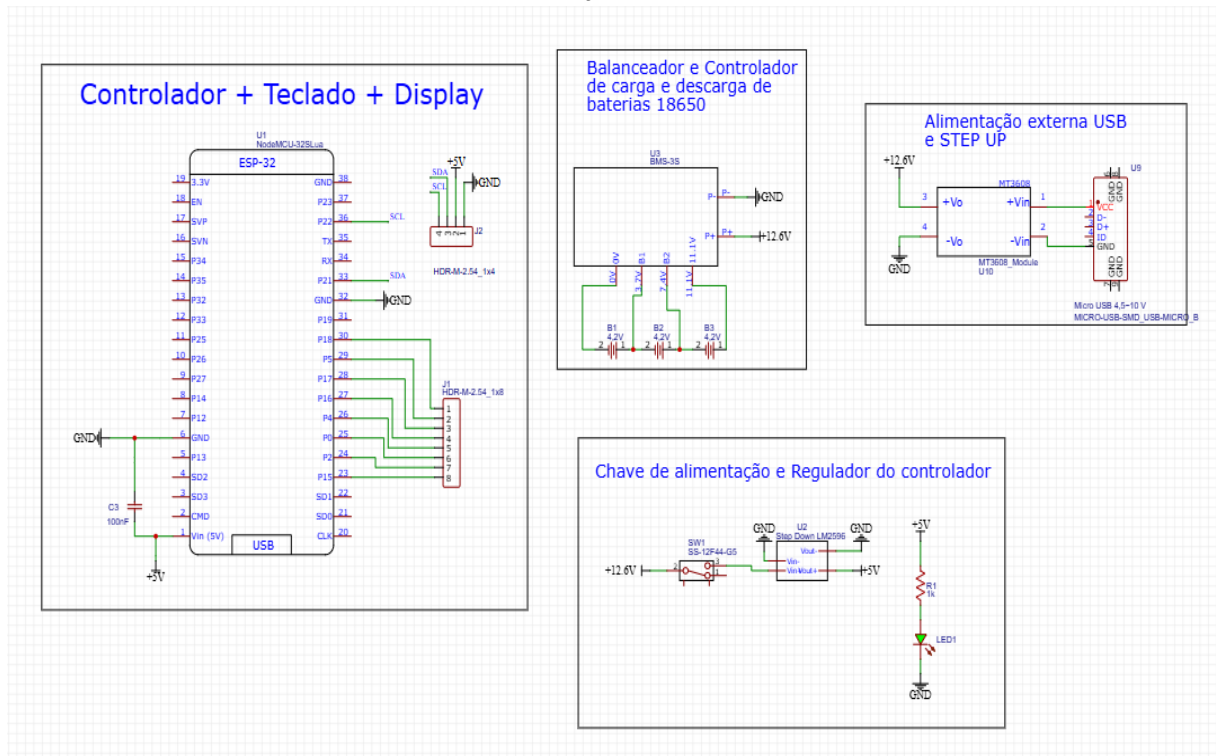
1. 37%	A61G 7/057	Disposições para prevenir escaras ou para apoiar pacientes com queimaduras, por exemplo, colchões especialmente adaptados para isso [2006.01]
2. 10%	A61G 7/015	Dividido em diferentes seções ajustáveis, por exemplo, para Gatch position [2006.01]
2.	A61G 7/00	Camas especialmente adaptadas para enfermagem; Dispositivos para levantar pacientes ou pessoas com

10%

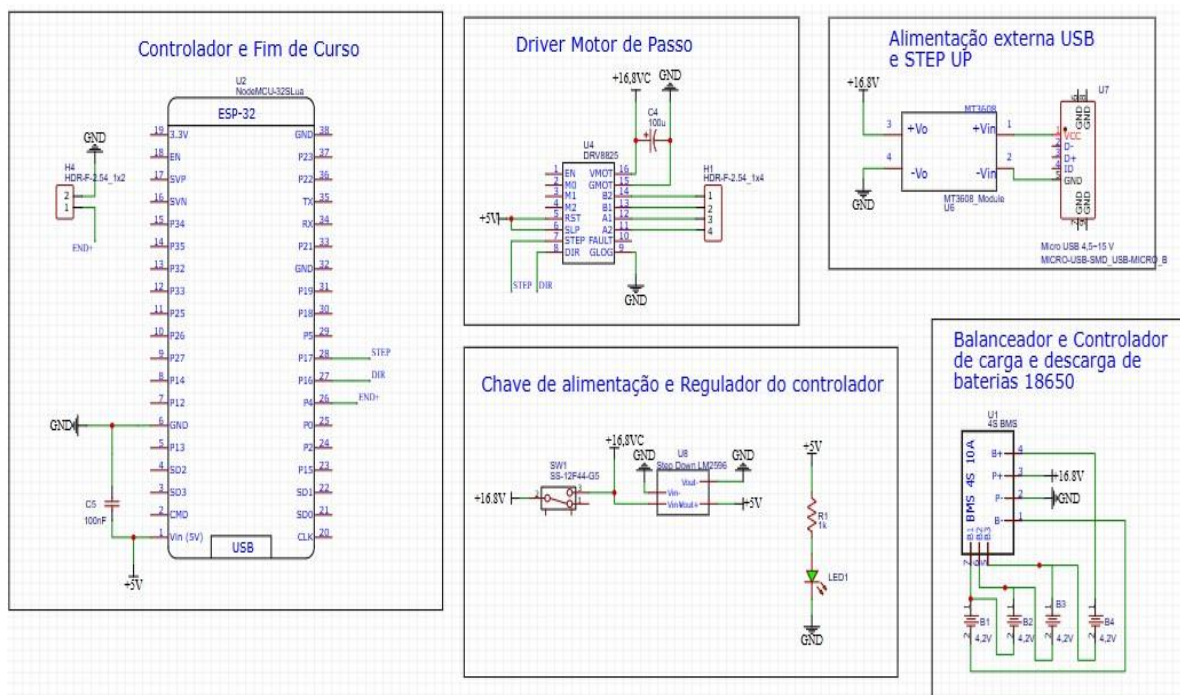
3.
8%

APÊNDICE 04: Sistema de Exibição e Controle Remoto e Sistema de Controle de Elevação Auxiliar

Sistema de exibição e controle remoto



Sistema de Controle de Elevação Auxiliar



APÊNDICE 05: Planilha de Custos do Protótipo

1. Estrutura mecânica

- Perfis metálicos / estrutura: R\$ 3.000 – 5.000
- Parafusos, eixos e suportes: R\$ 500 – 800
- Acabamento (pintura, revestimento hospitalar): R\$ 1.000 – 1.500

2. Componentes eletrônicos

- Controlador Arduino / microcontrolador: R\$ 150 – 300
- Motores elétricos (2–4 unidades, com torque hospitalar): R\$ 3.000 – 5.000
- Drivers e placas de controle: R\$ 500 – 1.000
- Sensores (ângulo, limite, peso): R\$ 400 – 800
- Display LCD / painel de controle: R\$ 300 – 600
- Fonte de alimentação / bateria de segurança: R\$ 1.000 – 1.500

3. Itens hospitalares

- Colchão hospitalar adaptado: R\$ 2.000 – 3.000
- Revestimento impermeável / material lavável: R\$ 800 – 1.200

4. Custos de desenvolvimento

- Impressão 3D de peças de teste: R\$ 400 – 600
- Mão de obra técnica (engenharia/enfermagem): R\$ 2.000 – 3.000
- Certificação inicial / ensaios laboratoriais: R\$ 3.000 – 5.000

Estimativa total

- **Protótipo de baixa fidelidade (laboratório):** R\$ 3.500 – 4.500
- **Protótipo funcional em escala real:** R\$ 20.000 – 25.000

Categoria	Custo Mínimo (R\$)	Custo Máximo (R\$)
Estrutura Mecânica	4.500	7.300
Componentes Eletrônicos	5.000	9.400
Itens Hospitalares	2.800	4.200
Desenvolvimento/Certificação	5.400	8.600

APÊNDICE 06: REGISTRO DE PATENTE INPI



24/09/2025 870250086531
18:21
29409162340040449

Pedido nacional de invenção; Pedido nacional de modelo de utilidade; Pedido nacional de certificado de adição de invenção; e Entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 10 2025 020477 0

Dados do Depositante (71)

Depositante 1 de 1

Nome ou Razão Social: LEONARDO YUNG DOS SANTOS MACIEL

Tipo de Pessoa: Pessoa Física

CPF/CNPJ: 01202800513

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Professor do ensino superior

Endereço: Av. Franklin de Campos Sobral, 1630

Cidade: Campo do Brito

Estado: SE

CEP: 49027000

País: Brasil

Telefone: 79999929192

Fax:

Email: yung_maciel@hotmail.com

**PETICIONAMENTO
ELETRÔNICO**

Esta solicitação foi enviada pelo sistema Peticionamento Eletrônico em
24/09/2025 às 18:21, Petição 870250086531

Dados do Pedido

Natureza Patente: 10 - Patente de Invenção (PI)

Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54): DISPOSITIVO ELETROMECAÂNICO PARA MUDANÇA DE DECÚBITO ACOPLÁVEL A LEITO HOSPITALAR

Resumo: O presente invento refere-se a um dispositivo eletromecânico acoplável a leito hospitalar para mudança de decúbito de pacientes, concebido para uso em unidades de terapia intensiva e em internações prolongadas. Sua principal finalidade é reduzir a necessidade de múltiplos profissionais de saúde para reposicionamento de pacientes inconscientes e/ou sob ventilação mecânica, proporcionando maior segurança, agilidade e padronização do procedimento.

Durante a pandemia de COVID-19, a mudança para decúbito ventral (pronação) mostrou-se fundamental no tratamento da síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA), pois melhora a relação ventilação/perfusão, favorece a troca gasosa e eleva a saturação de oxigênio. Contudo, o método tradicional demanda até dez profissionais, elevando riscos de complicações, sobrecarga da equipe e dificultando a aplicação em situações críticas. O invento proposto viabiliza a rotação controlada em até 180 graus, permitindo a transição do decúbito dorsal para o ventral com apenas dois profissionais, otimizando recursos humanos e aumentando a segurança.

O equipamento possui estrutura móvel com rodas, permitindo deslocamento até diferentes leitos hospitalares. Após o acoplamento, um sistema eletromecânico de elevação, associado a cintas de contenção e suportes laterais, promove o giro completo do corpo do paciente, preservando sua integridade e garantindo estabilidade de dispositivos de suporte vital. A operação é feita por meio de painel remoto, assegurando precisão e reduzindo o esforço físico da equipe.

Opcionalmente, o sistema pode incorporar sensores de pressão em áreas de proeminência óssea e módulos de monitoramento fisiológico (frequência cardíaca e respiratória). Esses dados podem ser integrados a algoritmos de inteligência artificial, capazes de emitir alertas em tempo real à equipe de saúde, auxiliando na prevenção de úlceras por pressão (pois um programa com ligeiras angulações para ambos os lados de forma contínua, ajuda a aumentar a perfusão sanguínea ao reduzir zonas de hiperpressão nas proeminências ósseas) e na detecção precoce de complicações associadas à ventilação mecânica.

Trata-se, portanto, de uma solução inovadora e segura para a rotação postural de pacientes críticos, com potencial para reduzir mortalidade relacionada a complicações respiratórias e lesões por pressão, além de otimizar custos hospitalares, melhorar a ergonomia dos profissionais e elevar a qualidade do cuidado intensivo.

Figura a publicar: SIM

Dados do Procurador

Procurador:

Nome ou Razão Social: Leonardo Yung dos Santos Maciel

Numero OAB:

Numero API:

CPF/CNPJ: 01202800513

Endereço: Av. Franklin de Campos Sobral, 1630

Cidade: Aracaju

Estado: SE

CEP: 49027-000

Telefone:

Fax:

Email: yung_maciel@hotmail.com

Dados do Inventor (72)

Inventor 1 de 1

Nome: LEONARDO YUNG DOS SANTOS MACIEL

CPF: 01202800513

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Professor do ensino superior

Endereço: Av. Franklin Campos Sobral, 1630, bloco a 1203

Cidade: Aracaju

Estado: SE

CEP: 49027-000

Pafs: BRASIL

Telefone: (79) 999 929192

Fax:

Email: yung_maciel@hotmail.com

Documentos anexados

Tipo Anexo	Nome
Comprovante de pagamento de GRU 200	Comprovante gru.pdf
Resumo	MODELO RESUMO..pdf
Relatório Descritivo	MODELO PEDIDO DE PATENTE..pdf
Reivindicação	MODELO DE RENVIDICAÇÃO..pdf
Desenho	MODELO DESENHO..pdf

Acesso ao Patrimônio Genético

- ☒ Declaração Negativa de Acesso - Declaro que o objeto do presente pedido de patente de invenção não foi obtido em decorrência de acesso à amostra de componente do Patrimônio Genético Brasileiro, o acesso foi realizado antes de 30 de junho de 2000, ou não se aplica.

Declaração de veracidade

- ☒ Declaro, sob as penas da lei, que todas as informações acima prestadas são completas e verdadeiras.