

Andador com mecanismo de erguimento e sistema de monitoramento de caminhada

Gabriela Kazumi Ono Leal, Leticia Miyuki Kimoto, Oswaldo Horikawa

Resumo – Com o envelhecimento da população, o desgaste físico dos cuidadores de idosos com baixa mobilidade tem se tornado um problema cada vez mais relevante para a sociedade. Para abordar essa questão, este trabalho desenvolveu um andador equipado com um mecanismo de elevação de pacientes a partir da posição sentada e com um sistema de aquisição de dados para monitorar as condições de caminhada. Inicialmente, foram realizadas análises teóricas para determinar as melhores estratégias de elevação de uma pessoa a partir da posição sentada, identificando a posição ideal dos apoios para a manobra, os principais riscos à segurança do paciente, como quedas, e os dados mais relevantes para o monitoramento da caminhada. Com base nessas informações e nos requisitos do projeto, foram estudados modelos existentes de andadores com mecanismos de elevação, os quais serviram como referência para o design inicial. Alterações foram implementadas durante a fase de prototipagem. O andador projetado utiliza uma alavanca acionada pelo cuidador com os pés para o mecanismo de elevação. Ele também inclui faixas de segurança para prevenir quedas, apoios para braços e joelhos, rodas com travas e um sistema de monitoramento que registra dados como oxigenação, frequência cardíaca, desequilíbrios, velocidade e aceleração. Um protótipo de madeira foi construído e submetido a testes, os quais demonstraram que o equipamento apresenta boa ergonomia e viabilidade de uso. Observou-se uma maior facilidade na elevação do paciente, exigindo menor esforço por parte do cuidador.

Palavras-chave – Monitoramento de caminhada; Dispositivo de assistência física; Auxílio de sentado para de pé;

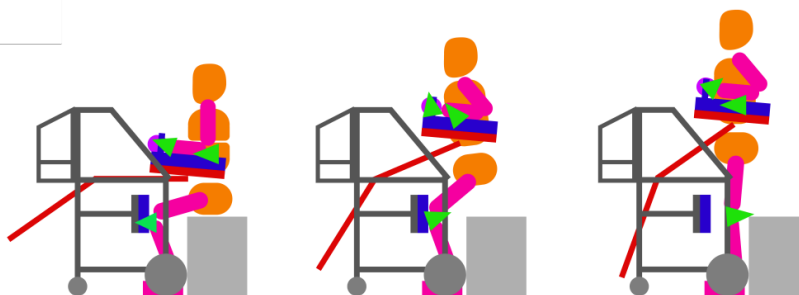
1 Introdução

O envelhecimento populacional, acompanhado pelo aumento da expectativa de vida, destaca a importância de tecnologias que promovam qualidade de vida e autonomia para idosos. No Brasil, a população idosa cresceu 56% entre 2010 e 2022 (IBGE, 2023), e a expectativa de vida subiu de 74,4 para 75,4 anos (IBGE, 2023). Nesse cenário, equipamentos de reabilitação, como andadores, são essenciais para melhorar a mobilidade e o bem-estar. Contudo, o ato de levantar pacientes para utilizar esses dispositivos muitas vezes recai integralmente sobre cuidadores, gerando desgaste físico e risco de lesões tanto para eles quanto para os pacientes.

Neste contexto, o Hospital Universitário da USP (HU) possui duas categorias de andadores disponíveis: modelos simples, que não auxiliam no levantamento do paciente, e complexos, que, embora eficientes, possuem alto custo, dificuldades de manutenção e dependência de importação. Esses equipamentos disponíveis não atendem às necessidades dos profissionais de fisioterapia do hospital, que buscam uma solução intermediária, com mecanismo de auxílio ao erguimento do paciente, mas de forma acessível, simples e segura.

Na etapa de revisão da literatura, buscou fundamentar as decisões de design e a escolha dos componentes. A revisão incluiu estudos sobre mecanismos de elevação e ergonomia, destacando técnicas seguras e eficazes para auxiliar a transição de pacientes da posição sentada para em pé (MOMBAUR; HO HOANG, 2017). A literatura existente indicou a importância de distribuir as forças de elevação entre os membros superiores e inferiores do paciente (Figura 1), enquanto o cuidador desempenha um papel de suporte. Além disso, foram investigados dispositivos assistivos comerciais, que apresentaram funcionalidades inspiradoras, mas também limitações, como dependência de sistemas elétricos e ajustes inadequados para diferentes biotipos. Essas análises serviram de base para a concepção de um dispositivo que fosse simples, funcional e adaptável

Figura 1 - Posições do paciente se erguendo no andador



Fonte: Autoria própria.

O trabalho tinha como objetivo desenvolver um andador para reabilitação de idosos com mobilidade reduzida, atendendo às demandas de fisioterapeutas do HU. O equipamento deveria ser robusto e incluir um mecanismo de acionamento manual para auxiliar cuidadores a levantar pacientes de forma segura, evitando desgastes físicos. Além disso, seria integrado um sistema eletrônico com sensores, como oxímetro, acelerômetro e de força, para monitorar sinais vitais, evolução física e corrigir posturas durante o uso. O foco principal foi a segurança do paciente e o apoio físico ao cuidador.

A metodologia adotada foi planejada para atender às necessidades dos usuários e cuidadores, oferecendo um equipamento seguro, ergonômico e acessível. Essa seção descreve as etapas metodológicas que orientaram o desenvolvimento do projeto, desde a pesquisa bibliográfica até a validação experimental dos protótipos.

2 Materiais e Métodos

2.1 Requisitos

Uma etapa fundamental foi a definição de requisitos do dispositivo. Para isso, o projeto contou com a colaboração de profissionais de fisioterapia do Hospital Universitário da Universidade de São Paulo (HU-USP). Com base em entrevistas e observações, identificaram-se as principais necessidades dos usuários: a segurança durante a movimentação e a redução do esforço físico dos cuidadores. Adicionalmente, foram especificados parâmetros técnicos, como dimensões adequadas para idosos com alturas entre 1,44 m e 1,7 m e peso máximo de 80 kg. O dispositivo deveria ser capaz de monitorar sinais vitais e parâmetros de marcha, como oxigenação, frequência cardíaca, aceleração e deslocamento do baricentro, oferecendo informações em tempo real para o acompanhamento do progresso do paciente.

2.2 Desenvolvimento do Protótipo

O projeto foi concebido com base em requisitos funcionais e técnicos definidos após consultas com fisioterapeutas e análise das necessidades dos usuários finais. O conceito adotado teve como inspiração o modelo "Standing-up Assist Tool" (TSUSHIMA, 2015), que utiliza uma alavanca manual como principal mecanismo de suporte mecânico durante a elevação do paciente. Essa escolha foi motivada pela simplicidade do mecanismo, facilidade de construção e baixo custo de produção.

O design do andador integrou várias características que atendem tanto à segurança quanto à funcionalidade. A estrutura foi projetada de forma robusta, garantindo maior estabilidade durante o uso. Apoios para braços e joelhos foram incorporados de forma a auxiliar o idoso no momento de levantar. O mecanismo de elevação foi baseado em uma alavanca manual acionada pelo cuidador pelo pé, cuja força é transmitida de forma eficiente para reduzir o esforço físico necessário. Além disso, mecanismos de travamento foram implementados para assegurar que a alavanca permanecesse estática durante a caminhada, aumentando a segurança tanto do cuidador quanto do paciente.

Outros elementos estruturais também foram considerados no projeto. Para maior versatilidade, foi adicionada uma faixa de segurança que envolve a região lombar do paciente, prevenindo quedas em caso de desequilíbrios ou mal súbito. Rodas com travas foram escolhidas para facilitar a mobilidade do dispositivo, enquanto garantem que o andador permaneça estável durante o processo de elevação.

O modelo final foi desenvolvido em software CAD, o que possibilitou simulações para validar o funcionamento do mecanismo e ajustes estruturais antes da construção dos protótipos. A análise de forças e tensões no sistema de alavancas indicou que a estrutura projetada atenderia às demandas de carga e segurança previstas, assegurando a viabilidade técnica do dispositivo.

Em relação ao sistema de monitoramento, três tipos de sensores foram incluídos no projeto: acelerômetro, oxímetro e de força. O acelerômetro escolhido foi o MPU6050, possibilitando a obtenção de dados como aceleração, velocidade e número de passos durante a caminhada. Já o oxímetro escolhido foi MAX30102, para captar batimentos cardíacos e saturação de oxigênio no sangue. Por fim, o sensor de força escolhido foi o FSR402, para obter o desvio do baricentro. Além dos sensores, o projeto incluiu um display oLED e um buzzer para identificar situação de alerta, um módulo Wi-Fi ESP8266 para transmissão de dados, um botão para determinar o início e fim da transmissão, um Arduino Mega como microprocessador e baterias. Com base nos dados obtidos seria possível identificar situações de perigo durante a caminhada, além de acompanhar a evolução do paciente a cada atividade realizada.

2.3 Testes e Validação

A execução do projeto seguiu uma abordagem em etapas, com a construção de dois protótipos principais, visando validar tanto a funcionalidade mecânica quanto a integração dos sistemas

eletrônicos. Inicialmente, foi desenvolvido um protótipo preliminar utilizando tubos de PVC e placas de MDF. Esse modelo permitiu testar a geometria e o funcionamento básico do andador, além de identificar ajustes necessários na ergonomia e na interação entre paciente e dispositivo. Modificações como a inclusão de apoios móveis para os joelhos e ajustes no posicionamento dos sensores foram realizadas com base nos resultados dessa fase inicial.

Para o protótipo final, optou-se pelo uso de madeira, uma alternativa mais acessível do que os perfis de alumínio inicialmente planejados. A estrutura de madeira foi construída com base nas dimensões e especificações ajustadas do modelo CAD, garantindo a manutenção das proporções e funcionalidades previstas. Nesse modelo, foram incorporados todos os elementos projetados, incluindo o sistema de alavanca, os apoios ajustáveis, as travas de segurança e as faixas de segurança contra quedas. Embora a madeira apresente limitações em relação à resistência, ela foi suficiente para validar os princípios do design.

A integração dos componentes eletrônicos foi realizada de forma paralela, com foco na implementação do sistema de monitoramento. Dois sensores de força foram instalados nos apoios de braços, permitindo o cálculo do baricentro do paciente durante o uso do dispositivo. O oxímetro MAX30102 foi acoplado a um clipe de dedo impresso em 3D, realizando as medições de saturação de oxigênio e frequência cardíaca. O acelerômetro MPU6050 foi posicionado na estrutura do andador, monitorando a velocidade da caminhada e a quantidade de passos. Esses dados foram processados por um microcontrolador Arduino Mega. O código de leitura e processamento de dados dos sensores foi publicado no GitHub (KIMOTO). Originalmente a transmissão de dados havia sido pensada para ser executada por um módulo Wi-Fi ESP8266, porém foram encontrados problemas entre a comissão. Dessa forma, foi adotada uma segunda proposta de obtenção dos dados através do monitor serial do arduino, utilizando um programa em python que os transformava em um arquivo txt. Este arquivo txt, por sua vez, poderia ser utilizado para a geração de gráficos com as métricas da atividade em um site.

Os testes finais foram realizados para validar o desempenho do protótipo em condições simuladas. As avaliações mecânicas demonstraram que o dispositivo oferece suporte estável e reduz significativamente o esforço necessário para elevar o paciente, enquanto as travas de segurança garantem que a alavanca permaneça na posição correta durante o uso. No aspecto eletrônico, foi possível realizar a medição dos componentes e emissão de alerta, ainda que a integração com o site não tenha sido finalizada.

3 Resultados

Com os testes realizados no protótipo de madeira (Figura 2) verificou-se que já a diminuição da força exercida pelo cuidador durante o movimento de erguer o paciente, sendo que a força vertical nos braços é compatível com a modelada em (MOMBAUR; HO HOANG, 2017). O mecanismo também é ergonômico sendo o movimento confortável tanto para a utilização do cuidador quanto para o paciente, de forma que a alavanca segue o movimento natural de levantar, como foi simulado durante a fase de ideação do projeto.

Figura 2 - Protótipo em madeira do andador



Fonte: Autoria própria.

Os resultados obtidos em relação à segurança do dispositivo também são positivas, sendo que, com a base larga do andador (65 centímetros) e a altura elevada de sua estrutura (98 centímetros), além da faixa localizada nas costas e a faixa de segurança na altura das coxas impedem que o paciente caia com facilidade. Além disso, o sistema de monitoramento se mostrou eficaz na detecção de situações de risco de queda, com leitura da força aplicada pelos braços no apoio de braços para detecção de desequilíbrio lateralizado e a leitura de velocidade e aceleração para situações de queda frontal. Sendo possível erguer o paciente e permitir a utilização do andador com segurança. A faixa de segurança também foi testada, sendo que ela suporta o peso do paciente de forma completa e o protege de uma queda vertical em casos de mal súbito ou em que o paciente precise se sentar com urgência.

Com o sistema de monitoramento foi possível realizar a coleta de dados dos sensores, cálculos dos parâmetros como baricentro, saturação de oxigênio, batimentos cardíacos, velocidade e quantidade de passos, além de emitir sinais de alerta por meio do display e do buzzer. Em relação ao site, foi possível desenvolver uma maneira de obter os dados para geração dos gráficos através de um arquivo txt, no entanto, um teste com base nos dados obtidos pelo monitor serial do arduino ainda precisa ser realizado.

4 Discussões

Ao fim do trabalho foi obtido um protótipo funcional do mecanismo proposto no projeto, sendo possível erguer um paciente com esforço reduzido por parte do cuidador de forma ergonômica, segura e prática, o que atende as necessidades dos profissionais de fisioterapia do HU e pode auxiliar uma parte significativa da população no futuro.

O monitoramento da caminhada do paciente, medindo seu equilíbrio, velocidade e aceleração, além de seus dados vitais, proporciona um sistema de alerta para o cuidador para situações de risco de queda, dando mais segurança durante a utilização do equipamento. Ademais, há ainda dispositivos físicos de segurança acoplados ao andador para impedir a queda do paciente com as faixas de segurança para o paciente se sentar em casos emergenciais e a faixa das costas que impede a queda para trás.

Para que o projeto possa se tornar um produto para o ambiente hospitalar, há a necessidade da construção do andador em material metálico e a realização de testes com um grupo diverso de pessoas nos quesitos de mobilidade e de características físicas, como peso e altura. Além disso, para o melhor monitoramento dos pacientes, a implementação de oxímetro e acelerômetro com mais

precisão seria ideal, juntamente com um sistema de transmissão de dados mais robusto e confiável.

5 Conclusão

O desenvolvimento do projeto resultou em um protótipo funcional e prático, em que um paciente pode ser erguido com esforço reduzido do cuidador. O monitoramento da caminhada do paciente, juntamente com os dispositivos físicos de segurança, proporcionam uma maior segurança na utilização do equipamento, o que é fundamental para o caso de uso do andador na recuperação de pacientes.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho contou com a contribuição de diversas pessoas e instituições, às quais se registra o devido reconhecimento. À Dra. Alexandra Siqueira Colombo Portugal, pelos relevantes insights na área fisioterapêutica, que contribuíram significativamente para o aprofundamento e qualidade deste estudo. Ao Hospital Universitário da Universidade de São Paulo (USP), pelo suporte institucional indispensável ao desenvolvimento desta pesquisa. A todos que, de forma direta ou indireta, colaboraram para a concretização deste trabalho, fica registrado o mais sincero agradecimento.

REFERÊNCIAS

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo 2022: número de pessoas com 65 anos ou mais de idade cresceu 57,4% em 12 anos. Agência de Notícias IBGE, 27 jun. 2023. Disponível em:

<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/38186-censo-2022-numero-de-pessoas-com-65-anos-ou-mais-de-idade-cresceu-57-4-em-12-anos>. Acesso em: 1 dez. 2024;

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Em 2023, expectativa de vida chega aos 76,4 anos e supera patamar pré-pandemia. Agência de Notícias IBGE, 30 nov. 2023. Disponível em:

<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/41984-em-2023-expectativa-de-vida-chega-aos-76-4-anos-e-supera-patamar-pre-pandemia>. Acesso em: 1 dez. 2024.

MOMBAUR, Katja; HO HOANG, Khai Long. How to best support sit to stand transfers of geriatric patients: motion optimization under external forces for the design of physical assistive devices. **Journal of Biomechanics**, v. 58, 2017. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2017.04.037.

TSUSHIMA, Y. Standing-up assist tool and walking support device. Patente US10045896B2. Tsushima Ironworks Co. Ltd., 2015.

KIMOTO, L; LEAL, G. TCC_Andador [recurso eletrônico]. Disponível em: https://github.com/leticiakimoto/TCC_Andador/tree/main. Acesso em: 18 dez. 2024

Title – Walker with a lifting mechanism and walking monitoring system

Abstract – With the aging population, the physical and emotional strain on caregivers of elderly individuals with low mobility has become an increasingly relevant issue in society. To address this challenge, this study developed a walker equipped with a mechanism for lifting patients from a seated position and a data acquisition system for monitoring walking conditions. Initially, theoretical analyses were conducted to determine the best strategies for lifting a person from a seated position, identifying the optimal placement of supports for the maneuver, the main safety risks to the patient, such as falls, and the most relevant data for walking monitoring. Based on this information and the project requirements, existing walker models with lifting mechanisms were studied, serving as a reference for the initial design. Modifications were implemented during the prototyping phase. The designed walker uses a lever operated by the caregiver's feet for the lifting mechanism. It also includes safety straps to prevent falls, arm and knee supports, lockable wheels, and a monitoring system that records data such as oxygenation, heart rate, balance disturbances, speed, and acceleration. A wooden prototype was built and tested, demonstrating that the equipment offers good ergonomics and usability. The tests revealed greater ease in lifting the patient, requiring less effort from the caregiver.

Keywords – Walk monitoring, Physical assistance device, Sit-to-stand aid.



Gabriela Kazumi Ono Leal, entrou no grupo de extensão Poli Náutico no primeiro semestre de 2020, participando até 2021 como membro da área de elétrica e computação e de 2021 a 2022 como capitã da equipe. Atualmente é estagiária no Laboratório de Infraestrutura e Energia (LIne) do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (ipt).



Leticia Miyuki Kimoto, participou da gestão do Grêmio Politécnico em 2021 e 2022 e desde 2022 faz parte do Programa de Educação Tutorial (PET) do curso de Engenharia Mecatrônica como bolsista. Tem grande interesse pelo ecossistema de empreendedorismo e startups, sendo monitora na disciplina PMI3817 (Empreendedorismo e Inovação em Engenharia) e estagiou na Poli Angels (Associação de Investidores Anjos criada por ex-alunos da Escola Politécnica).