

UNICESUMAR PONTA GROSSA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
CURSO DE GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

**ÓRTESE MECÂNICA PARA MÃO EM PACIENTES QUE SOFRERAM
AVC OU PARALISIA**

RAFAEL ANDREY FERNANDO WINCHE MARTINS SILVA

PONTA GROSSA – PR

2024

RAFAEL ANDREY FERNANDO WINCHE MARTINS SILVA

**ÓRTESE MECÂNICA PARA MÃO EM PACIENTES QUE SOFRERAM AVC
OU PARALISIA**

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Fisioterapia da Universidade Cesumar – UNICESUMAR como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel(a) em Fisioterapia sob a orientação da Prof. Dr. Eng Kevin Maurício Menon Ribeiro.

PONTA GROSSA – PR

2024

FOLHA DE APROVAÇÃO

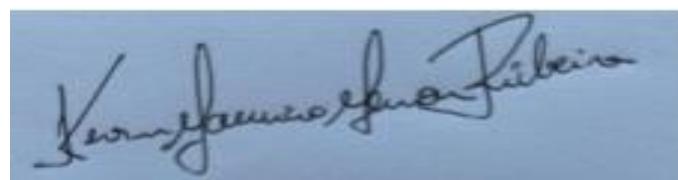
RAFAEL ANDREY FERNANDO WINCHE MARTINS SILVA

ÓRTESE MECÂNICA PARA MÃO EM PACIENTES QUE SOFRERAM AVC OU PARALISIA

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Fisioterapia da Universidade Cesumar – UNICESUMAR como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel(a) em Fisioterapia, sob a orientação do Prof. Dr. Eng Kevin Maurício Menon Ribeiro.

Aprovado em: 30 de Outubro de 2024.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Eng Kevin Maurício Menon Ribeiro. – UNICESUMAR – Ponta Grossa / PR



Prof. Dr. Eng Alexandre de Castro Alves. – UTFPR – Ponta Grossa / PR



Prof. Dra. Ana Carla Schmidt. – UNICESUMAR – Ponta Grossa / PR

ÓRTESE MECÂNICA PARA MÃO EM PACIENTES QUE SOFRERAM AVC OU PARALISIA

Rafael Andrey Fernando Winche Martins Silva

RESUMO

O presente trabalho apresenta o desenvolvimento e avaliação de um protótipo de órtese mecânica destinada à reabilitação de pacientes que sofreram acidente vascular cerebral (AVC) ou paralisia, com foco na recuperação dos movimentos da mão. O protótipo foi construído utilizando materiais leves e resistentes, e seus movimentos foram avaliados por meio de testes mecânicos que simularam a função natural da mão. Os resultados mostraram que a órtese foi capaz de reproduzir cerca de 80% da amplitude de movimento da mão saudável, com uma força de ativação adequada para pacientes com comprometimento motor leve a moderado. Apesar do desempenho promissor, algumas limitações foram identificadas. Primeiramente, a adaptação para diferentes tamanhos de mão foi limitada, com ajustes manuais sendo necessários para usuários com variações anatômicas significativas. A durabilidade dos materiais foi avaliada, pois indicaram a necessidade de utilizar componentes mais robustos nas articulações mecânicas. Deste modo, futuras melhorias incluem a incorporação de sensores de pressão nos pontos de contato da órtese com a mão do paciente, o que permitiria monitorar e ajustar a força de preensão de forma mais precisa, evitando desconforto ou lesões. A realização de testes clínicos com pacientes reais também é essencial para validar a eficácia da órtese em condições de uso cotidiano. Deste modo, o estudo aponta para o potencial da órtese como uma ferramenta viável e eficiente no processo de reabilitação motora, contribuindo para a independência funcional de pacientes. No entanto, as melhorias mencionadas são fundamentais para garantir um uso mais amplo e seguro do dispositivo em diferentes perfis de pacientes.

Palavras-chave: Órtese mecânica, reabilitação, AVC, paralisia, movimentos da mão.

MECHANICAL HAND ORTHOSIS FOR PATIENTS WHO HAVE SUFFERED STROKE OR PARALYSIS

ABSTRACT

The present work presents the development and evaluation of a mechanical orthosis prototype aimed at the rehabilitation of patients who have suffered a stroke or paralysis, focusing on the recovery of hand movements. The prototype was built using lightweight and durable materials, and its movements were evaluated through mechanical tests that simulated the natural function of the hand. The results showed that the orthosis was able to reproduce about 80% of the range of motion of a healthy hand, with an activation force suitable for patients with mild to moderate motor impairment. Despite the promising performance,

some limitations were identified. Firstly, the adaptation to different hand sizes was limited, with manual adjustments being necessary for users with significant anatomical variations. The durability of the materials was also assessed, as they indicated the need to use more robust components in the mechanical joints. Therefore, future improvements include the incorporation of pressure sensors at the contact points of the orthosis with the patient's hand, which would allow more precise monitoring and adjustment of the gripping force, preventing discomfort or injury. Conducting clinical tests with real patients is also essential to validate the effectiveness of the orthosis in everyday use. Thus, the study highlights the potential of the orthosis as a viable and efficient tool in the motor rehabilitation process, contributing to the functional independence of patients. However, the mentioned improvements are essential to ensure broader and safer use of the device for different patient profiles.

Keywords: mechanical orthosis, rehabilitation, stroke, paralysis, hand movements.

1 INTRODUÇÃO

O acidente vascular cerebral (AVC) e a paralisia representam desafios significativos para milhões de pessoas em todo o mundo, resultando em sequelas motoras frequentemente debilitantes. Uma das consequências mais comuns dessas condições é a perda da função da mão, o que afeta a realização de atividades básicas do dia a dia e compromete a qualidade de vida. As órteses mecânicas para a mão têm uma longa história, remontando ao antigo Egito, quando eram confeccionadas com materiais simples como madeira e couro, inicialmente destinadas à proteção e estabilização das articulações. Com o tempo, evoluíram em termos de materiais e designs, incorporando princípios da biomecânica e engenharia para proporcionar maior funcionalidade e conforto aos usuários (Moraes; Rabin; Viégas, 2017).

A perda da função da mão após um AVC ou paralisia é uma experiência desafiadora e limitadora. As atividades diárias, como alimentar-se, vestir-se e escrever, tornam-se tarefas árduas, afetando a independência e autoestima do indivíduo. Além disso, a imobilidade pode resultar em rigidez muscular e articular, atrofia muscular e dor crônica. Nesse contexto, as órteses mecânicas para a mão desempenham um papel crucial na reabilitação, oferecendo suporte e estabilização, e ajudando na recuperação da força muscular, amplitude de movimento e coordenação motora (Carvalho, 2013).

A pesquisa e desenvolvimento de órteses mecânicas mais avançadas são fundamentais para melhorar a qualidade de vida dos pacientes com AVC ou paralisia. Essas tecnologias podem restaurar a independência funcional e autoestima, facilitando a realização de atividades cotidianas com mais facilidade e autonomia. O presente estudo visa fornecer uma visão abrangente das órteses mecânicas para a mão em pacientes com AVC ou paralisia, abordando desde sua história e evolução até os tipos e funcionalidades disponíveis atualmente (Carey, 2012).

Além disso, serão explorados os benefícios e desafios do uso de órteses, destacando as áreas de pesquisa em andamento para o desenvolvimento de dispositivos cada vez mais eficazes e personalizados. Os próximos capítulos abordarão em detalhes os diferentes tipos de órteses mecânicas para a mão, seus mecanismos de ação e as indicações para cada tipo de paciente. Também serão apresentados estudos de caso que demonstram a eficácia das órteses na reabilitação de pacientes com AVC ou paralisia (Zancanaro, 2019).

Neste contexto, o presente trabalho visa desenvolver e avaliar a viabilidade técnica de uma órtese mecânica para a mão de pacientes que sofreram AVC ou paralisia. O foco deste estudo é o desenvolvimento de um protótipo que simule os movimentos naturais da mão, utilizando princípios de biomecânica, ergonomia e materiais inovadores que garantam leveza, durabilidade e conforto. Embora a órtese desenvolvida não tenha sido testada em pacientes humanos, os testes de funcionalidade e resistência realizados em ambiente laboratorial são essenciais para validar a eficácia do dispositivo e orientar futuros ensaios clínicos.

Este estudo pretende contribuir para o campo da reabilitação motora, oferecendo uma nova proposta de órtese que alia inovação tecnológica a soluções acessíveis e eficazes, com o potencial de melhorar a qualidade de vida de pacientes com comprometimento motor nas mãos.

Diferentemente de muitas órteses disponíveis no mercado, que costumam ser projetadas com materiais de alto custo ou tecnologias complexas e difíceis de acessar, o protótipo desenvolvido neste estudo utiliza materiais recicláveis e de baixo custo, o que o torna significativamente mais acessível para pacientes de baixa renda e instituições de saúde com recursos limitados.

Além disso, enquanto algumas órteses comerciais dependem exclusivamente de sistemas motorizados ou eletrônicos, este dispositivo mecânico se destaca por não necessitar de energia elétrica ou baterias para funcionar, garantindo maior autonomia e simplicidade de uso, especialmente em regiões com acesso limitado a tecnologias avançadas.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um protótipo de órtese mecânica de baixo custo, adaptável e eficiente para auxiliar na reabilitação motora de pacientes que sofreram AVC ou paralisia, promovendo maior acessibilidade e inclusão social, em comparação com dispositivos já existentes no mercado.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Criar uma órtese mecânica acessível utilizando materiais recicláveis e de baixo custo, que possa ser adquirida e utilizada por pacientes de baixa renda ou em ambientes com recursos limitados.
- Avaliar a eficácia do protótipo em reproduzir a amplitude de movimento de uma mão saudável, garantindo que ele seja capaz de auxiliar na recuperação motora de pacientes com diferentes níveis de comprometimento.
- Incorporar sugestões de melhorias, como a testes clínicos com pacientes reais, projeto de desenho para impressora 3D, visando aumentar a precisão e eficácia do dispositivo no processo de reabilitação motora futuramente.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL

Globalmente, o acidente vascular cerebral (AVC) ocupa a segunda posição entre as principais causas de morte. No Brasil, essa condição é considerada uma das doenças crônicas mais significativas, sendo a principal responsável por internações e óbitos, resultando em algum tipo de deficiência, que pode ser parcial ou total, na maioria dos afetados (Andrade *et al.*, 2024).

Em 2014, a Organização Mundial da Saúde (OMS) indicou que o AVC figurava entre as três principais causas de mortalidade, com um evento cerebrovascular registrado a cada cinco segundos em todo o mundo. No Brasil, o AVC é a principal causa de incapacitação entre pessoas com mais de 50 anos, representando 10% do total de falecimentos, 32,6% das mortes relacionadas a causas vasculares e 40% das aposentadorias precoces. O país está entre os dez primeiros com os maiores índices de mortalidade por AVC (Silva, 2015).

De acordo com a OMS, o Acidente Vascular Cerebral é caracterizado pelo surgimento rápido de sinais clínicos e distúrbios focais e/ou globais da função cerebral, com sintomas de origem vascular que persistem por 24 horas ou mais, levando a alterações nos aspectos cognitivo e sensório-motor, conforme a área e a extensão da lesão.

O AVC pode ocorrer devido à interrupção do fluxo sanguíneo, resultando em falta de oxigênio no cérebro. Após cinco minutos de isquemia, pode ocorrer a morte de neurônios no tecido nervoso, resultando em perdas funcionais na região afetada. Esse tipo é chamado de AVC Isquêmico (AVCi). O AVC Hemorrágico (AVCh), por outro lado, geralmente se origina da ruptura de um vaso sanguíneo, causando o extravasamento de sangue no tecido nervoso (Lobo, 2019).

Segundo o Ministério da Saúde, o sintoma mais comum do AVC é a fraqueza súbita ou dormência de um lado da face, braço e/ou perna. Outros sinais de alerta incluem confusão mental, alterações cognitivas, dificuldades de fala ou compreensão, problemas para engolir, enxergar com um ou ambos os olhos, e dificuldades para caminhar; além de distúrbios auditivos, tontura, perda de equilíbrio ou coordenação, dor de cabeça intensa sem causa aparente, e diminuição ou perda de consciência. Uma lesão severa pode levar à morte súbita.

3.2 SEQUELAS MOTORAS: HEMIPLEGIA E HEMIPARESIA

O acidente vascular cerebral (AVC) pode resultar em incapacidades e disfunções motoras e sensoriais, variando de acordo com a área do cérebro que foi afetada. As sequelas motoras frequentemente se manifestam como hemiplegia ou hemiparesia, que se referem à perda total ou parcial de movimento, respectivamente, no lado do corpo oposto à lesão cerebral.

O termo hemiplegia descreve a paralisia de um lado do corpo. Trata-se de uma consequência de uma lesão em áreas específicas do sistema nervoso central, podendo ocorrer até a 5^a vértebra cervical, segundo Borges (2021). Essa visão ajuda a entender a variedade de perdas funcionais que a hemiplegia pode causar. A atuação da equipe de enfermagem é fundamental para lidar com essas perdas. Conhecendo as alterações funcionais e psicológicas que o paciente pode apresentar, é possível compreender as mudanças e as reações que ocorrem.

Após o AVC inicial, observa-se que entre 70% a 85% dos pacientes desenvolvem hemiplegia, que é a incapacidade total de mover o hemicorpo atingido. A hemiparesia, por outro lado, é caracterizada pela diminuição da função motora, resultando em comprometimento parcial do hemicorpo, o que afeta o equilíbrio. Isso ocorre devido à redução da atividade muscular que controla o tronco, em especial os músculos responsáveis pela flexão, rotação e inclinação lateral (Amaral, 2018).

Em ambos os casos, hemiparesia e hemiplegia, é comum que os indivíduos adotem uma postura assimétrica, resultando em uma distribuição desigual do peso corporal, com menor peso sobre o lado afetado e maior sobre o lado não afetado. A marcha também pode ser prejudicada devido ao aumento da espasticidade nos músculos do membro inferior que foi comprometido. As alterações sensoriais mais comuns estão relacionadas à sensibilidade, linguagem e percepção espacial. Após um AVC, as limitações podem variar conforme a localização e a extensão da lesão. Muitas vezes, isso se traduz em dificuldades motoras que podem afetar tanto os membros superiores quanto inferiores e o tronco (Sozzo; Silva; Correa, 2017).

Os déficits em membros superiores impactam mais de 50% das pessoas que sofreram um AVC. Esses déficits podem resultar em dor, contraturas, edema e comprometimento funcional. Infelizmente, essas limitações afetam negativamente a qualidade de vida, reduzindo a independência nas atividades diárias e gerando um impacto econômico significativo, uma vez que o tratamento requer reabilitação e cuidados contínuos (Massaco; Lucinio; Santos, 2021).

As principais alterações observadas em pacientes hemiplégicos incluem a paresia ou parálisia de um lado do corpo, dificuldades na alimentação e eliminação, problemas de comunicação, alterações visuais e auditivas, mudanças no esquema corporal, alterações comportamentais, além de dificuldades para realizar tarefas cotidianas como higiene, vestir-se e alimentarse. Outro desafio enfrentado é a dificuldade de reintegração familiar (Borges, 2021).

Quanto à postura, a parálisia provoca modificações significativas. O braço do lado afetado tende a ficar em abdução e rotação interna, enquanto a perna apresenta rotação externa e abdução, com leve flexão do quadril, flexão acentuada do joelho e dorsiflexão do pé. Se essa postura não for corrigida, o paciente pode desenvolver deformidades graves, comprometendo sua recuperação (Azevedo, 2018).

A primeira intervenção necessária é ajustar a postura para evitar deformidades. Para isso, é preciso lidar com as causas que contribuem para essas alterações: a ação da gravidade sobre a parte paralisada e a força exercida pelos músculos intactos sobre os paralisados. A fim de minimizar a influência da gravidade, é recomendado apoiar as partes afetadas do corpo de maneira adequada (Lima, 2019).

Neste sentido, a adequação dos membros com o uso de órteses é de suma importância à recuperação do paciente, bem como proporcionar uma condição de vida mais confortável ao mesmo.

3.2.1 Espasticidade

Após o acidente vascular cerebral (AVC), o tônus muscular inicialmente apresenta flacidez e hipotonia. A maioria dos pacientes demonstra um padrão de flexão nos membros superiores (com rotação interna e adução do ombro, flexão

do cotovelo, pronação e flexão do punho e dedos) e extensão nos membros inferiores (extensão do joelho, flexão plantar e inversão do pé) (Lobo, 2019).

A espasticidade é uma consequência de várias condições patológicas que afetam as vias corticoespinhais, como o AVC. Ela é uma disfunção motora caracterizada pelo aumento da excitabilidade dos reflexos de estiramento e exacerbamento dos reflexos tendinosos. A espasticidade pode ter aspectos positivos e negativos. Os efeitos positivos ocorrem nos membros inferiores, auxiliando na manutenção da posição em pé e na marcha. Já os negativos são evidentes nos membros superiores, dificultando ou até impedindo a realização de atividades finas e a manipulação de objetos (Amaral, 2018).

A espasticidade nos membros superiores tende a predominar nos músculos flexores, o que resulta em uma postura de adução e rotação interna do ombro, flexão do cotovelo, pronação do antebraço e flexão dos dedos. Nos membros inferiores, a espasticidade é mais comum nos músculos extensores, ocasionando extensão e rotação interna do quadril, extensão do joelho, além de flexão plantar e inversão do pé. As principais causas associadas incluem esclerose múltipla, traumatismo crânioencefálico, lesão medular, paralisia cerebral e acidente vascular cerebral (AVC) (Silva et al., 2012; Souza e Andrade, 2015).

Para identificar tal condição, durante um exame físico, observa-se que os membros espásticos apresentam maior resistência ao movimento passivo, especialmente quando a amplitude e a velocidade são aumentadas. Essa resistência, mais intensa no início do movimento, diminui ao longo de sua execução, fenômeno conhecido como "sinal do canivete" (Souza et al., 2017).

A espasticidade é uma condição comum após o AVC, caracterizada pela hiperatividade muscular, que pode limitar ainda mais a função motora e causar dor crônica. A abordagem de tratamento por meio de órteses que incorporam materiais com memória de forma tem se mostrado uma solução inovadora para controlar esse fenômeno (Okazaki, 2016).

Ainda no que permeia o autor, o uso de polímeros termoplásticos e elastômeros mostra que esses materiais podem ser ajustados ao calor e remodelados conforme a necessidade do paciente. Esses ajustes são

particularmente úteis para pacientes com espasticidade variável, que experimentam diferentes níveis de rigidez ao longo do dia.

Outro estudo, conduzido por Loiola; Silva (2017) demonstrou que órteses construídas com materiais ajustáveis foram capazes de reduzir a espasticidade em 30% em comparação com órteses tradicionais, oferecendo maior conforto e eficácia no tratamento.

Em suma, há diversas explicações para o surgimento da espasticidade. Sugere-se que ela seja causada por alterações no circuito neural responsável pelo reflexo de estiramento, envolvendo a perda das influências inibitórias descendentes mediadas pelo trato retículo-espinhal. Essa perda resulta em um aumento da excitabilidade dos neurônios fusimotores gama e motores alfas, levando à espasticidade (Sozzo; Silva; Correa, 2017).

3.3 ÓRTESES PARA MEMBROS SUPERIORES

A palavra "órtese" tem origem no grego "orthos," que significa reto, direito ou normal. Segundo Carvalho (2013), o termo refere-se a um dispositivo aplicado externamente ao corpo para modificar as características estruturais ou funcionais dos sistemas esquelético e neuromuscular. As órteses são consideradas complementares ao tratamento, sendo indicadas de acordo com o tipo de problema e a necessidade do paciente em momentos oportunos.

Conforme o Ministério da Saúde (2019), a Câmara Técnica de Implantes da Associação Médica Brasileira (AMB) define órtese como um dispositivo, temporário ou permanente, utilizado para auxiliar as funções de um membro, órgão ou tecido, prevenindo deformidades ou evitando sua progressão, além de compensar deficiências funcionais. Em contrapartida, uma prótese é descrita como um dispositivo que substitui, total ou parcialmente, um membro, órgão ou tecido.

As órteses são indicadas para diversas partes do corpo, com o objetivo de imobilizar, estabilizar, prevenir ou corrigir deformidades, proteger contra lesões, promover a cura ou otimizar funções. Seu propósito principal é melhorar a funcionalidade, permitindo que indivíduos com mobilidade reduzida possam se

movimentar de maneira semelhante ao padrão de um corpo saudável (Araújo, 2010).

Ferreira (2021) define o tratamento com órteses como a aplicação de forças externas geradas por um dispositivo utilizado pelo paciente. Embora elaborada de forma biomecânica, essa força também tem implicações neurológicas significativas, gerando impulsos no sistema nervoso central (SNC).

Ainda no que tange a autora, as órteses de membro superior, também conhecidas como *splints*, são utilizadas para imobilizar, prevenir contraturas, aumentar a amplitude de movimento, prevenir deformidades, alongar a musculatura, reduzir dor, entre outras funções. Elas podem ser usadas em diversas partes, como ombros, cotovelos, punhos, mãos e dedos.

As órteses podem ser classificadas de acordo com a confecção e a função. Quanto à confecção, podem ser pré-fabricadas (feitas de tecidos ou neoprene) ou sob medida (em termoplásticos de alta ou baixa temperatura, ou gesso). Em termos de função, elas se dividem em estáticas e dinâmicas. As dinâmicas permitem mobilidade controlada e a restauração de algum movimento, pois possuem partes móveis. As estáticas são utilizadas para imobilizar ou estabilizar o membro em uma posição específica e não possuem partes móveis (Amaral, 2018).

Existem vários tipos de órteses para membros superiores, incluindo estabilizadores de fratura, tipoias, órteses estáticas e articuladas para cotovelo, órteses para punho, mão e dedos, além de órteses dinâmicas e de repouso. O uso das órteses requer uma avaliação cuidadosa, pois cada caso tem necessidades específicas em termos de tempo de repouso, imobilização, mobilização e torque.

Uma órtese comum para indivíduos que sofreram um AVC é a órtese de mão em repouso (Gradim; Paiva, 2021). Essa órtese é projetada para posicionar a mão e o punho do membro superior afetado após o AVC da seguinte forma: punho em extensão de 20° a 30°, articulações metacarpofalangeanas em flexão de 45° a 90°, articulações interfalangeanas proximais em 45° de flexão, e o polegar em leve oposição, conforme figura 1.

Figura 1- Órtese de mão em repouso



Fonte: Noordhoek e Quintão (2007).

Para Gardim; Paiva (2021), o principal objetivo da órtese de repouso é imobilizar, proporcionar repouso, prevenir ou reduzir contraturas, além de diminuir a hipotonia muscular. No contexto do AVC, a órtese é utilizada para manter a mão em posição de repouso, favorecendo o relaxamento muscular. Intervenções com órteses também promovem um alongamento prolongado de baixa carga, evitando alterações no comprimento dos músculos e do tecido conjuntivo que poderiam prejudicar a função do membro afetado.

Existem diferentes tipos de órteses, que podem ser feitas sob medida para o paciente ou pré-fabricadas, disponíveis nos tamanhos P, M e G. Sauron (1998) ressalta que "as mãos são como pessoas: simplesmente não são encontradas em três tamanhos." Por isso, ele defende que as órteses pré-fabricadas frequentemente não se ajustam corretamente às características ergonômicas dos indivíduos, recomendando, sempre que possível, o uso de órteses sob medida.

As órteses são recomendadas em todas as etapas do processo de reabilitação, podendo ser ajustadas, substituídas ou adaptadas de acordo com a idade do paciente, suas necessidades funcionais e a evolução clínica. O uso apropriado de órteses, tanto convencionais quanto elétricas, contribui para otimizar o custo-benefício dos programas de reabilitação, além de diminuir o risco de complicações e a necessidade de intervenções cirúrgicas (Silva et al., 2015; Oliveira e Santos, 2018).

Para algumas pessoas, adquirir uma órtese pode não ser viável financeiramente, o que torna necessário recorrer a materiais mais acessíveis, sem comprometer os objetivos terapêuticos e a funcionalidade durante o uso.

3.5 IMPRESSÃO 3D E MATERIAIS INOVADORES

Conforme Borges (2021), a Impressão 3D tornou-se amplamente utilizada no campo da Tecnologia Assistiva devido à sua capacidade de criar dispositivos altamente personalizados, adaptados às características específicas de cada paciente. Isso favorece uma melhor adaptação de órteses e próteses, resultando em uma melhora na qualidade de vida e em processos de reabilitação mais eficientes. A Impressão 3D é um método de manufatura aditiva que possibilita a produção de objetos tridimensionais a partir de modelos digitais.

A tecnologia permite a combinação de diversos materiais, ajustando-se às exigências funcionais de cada peça (Coutinho et al., 2018). Trata-se de uma técnica empregada na engenharia de manufatura, onde as peças são criadas de maneira automática, camada por camada, com base em um modelo virtual controlado por softwares de computador (Rodrigues et al., 2018).

O uso de impressoras 3D possibilita a criação de produtos altamente detalhados e individualizados, utilizando materiais duráveis, leves e menos invasivos. Os modelos digitais são desenvolvidos em softwares específicos de modelagem 3D e, após finalizados, são transferidos para o programa da impressora, que processa os dados necessários para a fabricação do objeto (Coutinho et al., 2018).

As principais vantagens dessa tecnologia incluem a agilidade no desenvolvimento dos protótipos, o baixo custo de produção e a minimização do desperdício de materiais. O avanço da Impressão 3D foi facilitado pela expiração de patentes, permitindo que a tecnologia se expandisse sem a necessidade de novos registros (Borges, 2021).

Através das impressoras 3D, é possível criar próteses a um custo reduzido, uma solução essencial em áreas com acesso limitado a serviços de saúde, proporcionando melhor funcionalidade e adaptação ao paciente, sem risco de rejeição. Além disso, o uso de scanners 3D para a criação dos moldes

melhora significativamente a qualidade e a precisão dos dispositivos em relação ao corpo do usuário (Melo, 2017).

A tecnologia tem avançado significativamente nos últimos anos, e espera-se que ela traga inovações também no campo da saúde. O uso da impressão 3D na medicina pode ser classificado em várias áreas, como a produção de tecidos vivos e órgãos, a criação e personalização de próteses e implantes, o desenvolvimento de modelos anatômicos e sua aplicação na indústria farmacêutica (Lima, 2019).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho consiste em uma pesquisa de caráter exploratório e experimental, voltada para o desenvolvimento e análise da viabilidade técnica de uma órtese mecânica projetada para auxiliar na recuperação da função motora da mão de pacientes que sofreram Acidente Vascular Cerebral (AVC) ou paralisia. O estudo será realizado em ambiente laboratorial, sem testes clínicos em humanos, focando no desenvolvimento do protótipo e na avaliação de suas funcionalidades mecânicas.

A produção de órteses, enquanto dispositivos auxiliares e substitutivos das funções cinesiológicas humanas, tornou-se um fator inovador e essencial para garantir a qualidade de vida de quem depende desses produtos. Entretanto, em contraste com a situação ambiental global, observa-se uma crescente devastação dos recursos naturais. Ao longo do tempo, surgiram alternativas para mitigar ou até mesmo evitar a degradação ambiental, como a reciclagem.

Com base nesse princípio, é possível vislumbrar uma produção mais ecológica e econômica para utilitários na área da saúde, gerando benefícios não apenas para o meio ambiente, mas também para a sociedade como um todo. O presente estudo, portanto, tem como objetivo abordar os recursos atuais utilizados na produção de órteses de maneira sustentável.

4.1 MATERIAIS

Para a fabricação da órtese mecânica, foram selecionados materiais recicláveis, o que não apenas contribuiu à sustentabilidade, mas também tornou o projeto mais acessível em termos de custo. Os principais materiais utilizados incluíram ferro, que foi empregado na estrutura base da órtese devido à sua resistência e durabilidade, proporcionando a estabilidade necessária para suportar as forças aplicadas durante o uso. Parafusos, cabos de aço foram utilizados para conectar as diferentes partes do dispositivo e garantir a mobilidade das articulações, permitindo a flexão e extensão dos dedos.

Luvas de borracha foram incorporadas ao design para oferecer conforto e melhorar a aderência, facilitando a interação do usuário com objetos. Por fim, o velcro de mochila foi utilizado nos sistemas de fechamento, permitindo ajustes fáceis e personalizados, garantindo que a órtese se encaixasse confortavelmente nas mãos dos pacientes.

O investimento total na fabricação da órtese foi de apenas R\$80, demonstrando que foi possível desenvolver uma solução acessível e eficaz para a reabilitação motora, utilizando materiais que, além de funcionais, tiveram um impacto ambiental reduzido. Essa abordagem inovadora não só potencializou a criação de dispositivos assistivos, mas também promoveu a reutilização de recursos, contribuindo para a economia circular e a conscientização ambiental.

Para enriquecer a discussão sobre os benefícios ecológicos do projeto, é importante destacar que a produção sustentável de órteses pode contribuir de forma significativa à preservação ambiental e a redução do impacto ecológico gerado pela indústria de saúde.

A utilização de materiais recicláveis ou de baixo impacto ambiental não apenas diminui a extração de recursos naturais, mas também ajuda a reduzir a quantidade de resíduos descartados de forma inadequada.

Outro aspecto importante é o potencial de democratização do acesso a órteses de baixo custo. A produção sustentável, ao reduzir custos, pode viabilizar dispositivos mais acessíveis para populações de baixa renda, ampliando o acesso a tecnologias que promovem a reabilitação e a mobilidade. Isso cria um ciclo virtuoso, onde o benefício não é apenas para o meio ambiente, mas também

para a inclusão social e a qualidade de vida de pessoas que, de outra forma, poderiam ficar desassistidas.

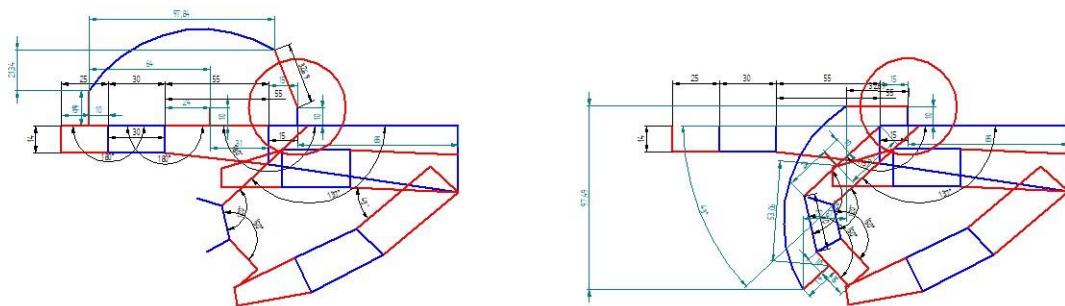
Assim, a produção sustentável de órteses e próteses não apenas alinhase com os princípios de responsabilidade ambiental, mas também promove benefícios econômicos e sociais, ampliando o impacto positivo desse tipo de inovação para além do campo da saúde.

4.2 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

O protótipo da órtese foi desenvolvido com base em princípios de biomecânica e ergonomia, visando proporcionar suporte mecânico à mão paralisada, simulando os movimentos de flexão e extensão dos dedos e articulações. A órtese surgiu da necessidade de criar uma solução acessível para pessoas que sofreram Acidente Vascular Cerebral (AVC), uma condição que frequentemente resulta em sequelas, como a paralisia nas mãos. O elevado custo das órteses convencionais motivou a buscar alternativas viáveis, especialmente para indivíduos de menor poder aquisitivo.

Para isso, foi realizada uma análise da bibliografia sobre os mecanismos existentes no mercado e na academia, seguida da obtenção de medidas específicas da biomecânica. Para a análise e modelagem, foram identificadas as medidas da mão do próprio autor deste estudo, sendo realizadas análises geométricas e funcionais, conforme apresentado na figura 2.

Figura 2 - Montagem inicial do Protótipo



Fonte: O autor, 2024.

O desenvolvimento dos desenhos das articulações e dos mecanismos dos dedos, bem como das medidas articulares, foi realizado com o auxílio de

software CAD e com o apoio de um engenheiro mecânico, conforme apresentado anteriormente. Este projeto, desenvolvido durante a faculdade de Fisioterapia EAP, concentrou-se na fabricação preliminar de um protótipo utilizando materiais recicláveis, como ferro, parafusos, cabos de aço, luvas de borracha e velcro de mochila. O investimento total foi de apenas R\$ 80, refletindo a intenção de tornar a órtese acessível a um público mais amplo.

Além disso, existe a possibilidade de uma fase de prototipagem física da órtese utilizando impressoras 3D ou processos de manufatura digital. Nessa etapa, serão testados diferentes materiais para garantir leveza, flexibilidade e durabilidade.

A Figura 3 mostra a utilização de molas laminares de trena para efeito de retorno da extensão, com alinhamento e movimento proporcionado por pinos e parafusos, ligados por barras de alumínio e suporte circular dos dedos em aço, com uma luva de borracha para maior conforto.

Figura 3 – Montagem preliminar do protótipo

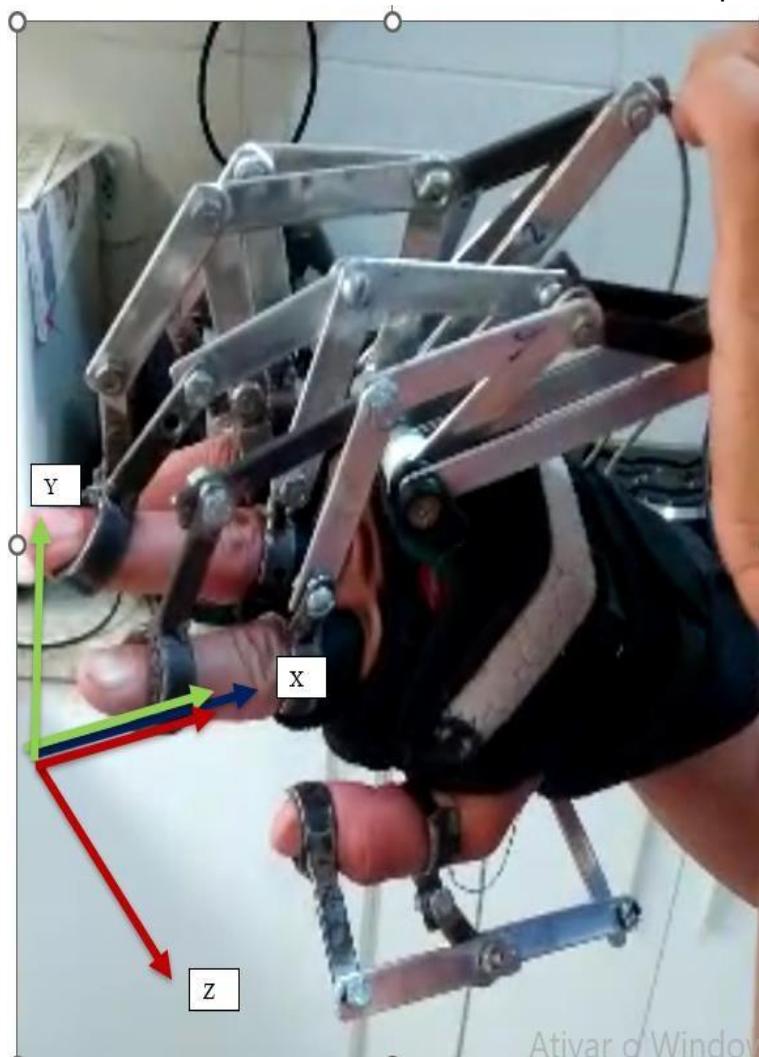


Fonte: O autor, 2024.

Esse protótipo preliminar também era composto por uma base de polímero para travamento no punho, com fixação por velcros para permitir a regulagem do tamanho. Observa-se, ainda, que o pino passante atuava como guia para os cabos que tracionavam o movimento de extensão, sendo fixado por um cinto peitoral.

No entanto, durante a movimentação prática do protótipo preliminar, verificou-se que o guia olhal para os cabos de aço não atendia às necessidades de movimento e conforto. Dessa forma, identificou-se a necessidade de melhorias funcionais, e foi proposta a junção dos cabos em uma peça única, com ancoragem por gancho na cinta peitoral, conforme mostrado na Figura 4.

Figura 4 - Eixos dos Mecanismos Articulados no Protótipo Final



Fonte: O autor, 2024.

Na figura acima, observa-se a eliminação da luva, pois os círculos de aço que se encaixavam nos dedos foram cortados pela metade e substituídos por elásticos fixadores e espuma de apoio. As molas planas derivadas de trenas de medição, anteriormente utilizadas para auxiliar na extensão, também foram removidas, pois, devido à sobreposição à luva, apresentavam fragilidade e se fraturavam com o uso.

Além disso, foi desenvolvido um mecanismo específico para o polegar, que requer um movimento transversal e ortogonal ao plano XY dos outros dedos. Assim, o plano XZ passou a contar com um tipo de fixação diferente, permitindo o movimento lateral do polegar em conjunto com o acionamento pela cinta peitoral, conforme ilustrado na Figura 5 a seguir.

Figura 5 – Detalhes do Protótipo Final



Fonte: O autor, 2024.

As demais peças, como a base plana de plástico, foram mantidas, mas foi inserida uma contra-base na parte inferior para a articulação e fixação do mecanismo do polegar. O travamento do punho permaneceu com as fitas de velcro, e o EVA foi utilizado como material de apoio para garantir maior conforto, como mostrado na Figura 6 a seguir, que detalha o conjunto completo montado para aplicação em fisioterapia.

Figura 6 – Posição Inicial do Movimento com o Protótipo Final



Fonte: O autor, 2024.

O acionamento é biomecânico pelo movimento do braço e extensão do cotovelo, o qual traciona o cabo fixo na cinta peitoral como mostrado na figura 7 abaixo.

Figura 7 – Posição Final do Movimento com o Protótipo Final

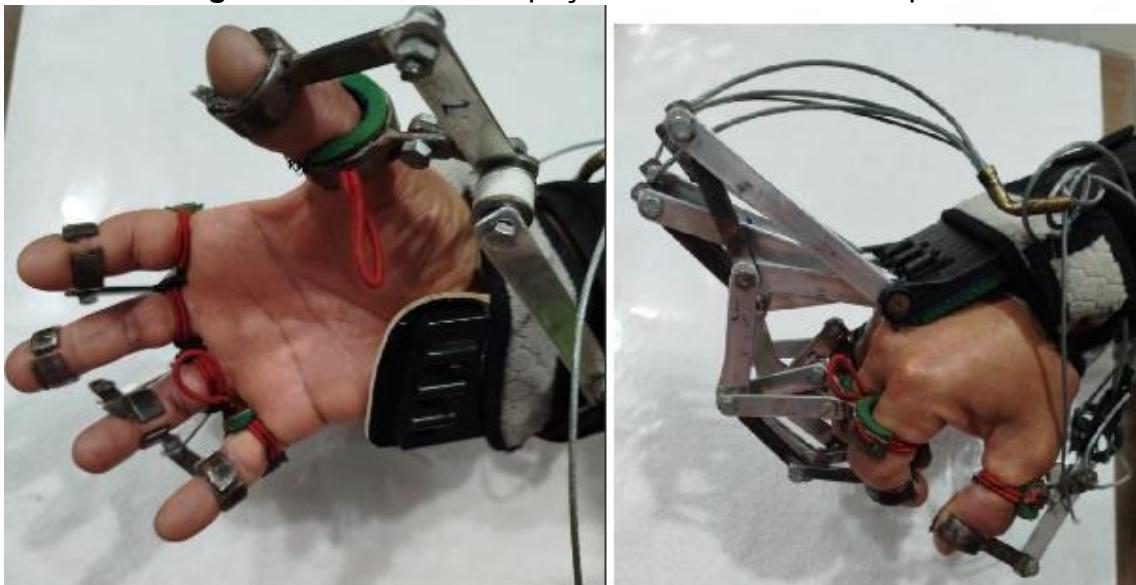


Fonte: O autor, 2024.

A fixação da cinta peitoral possui revestimento de espuma e cintas de nylon, com travamento por engate fixador de fecho plástico tipo macho e fêmea. Ao estender o braço, o mecanismo puxa os dedos para cima e o polegar para o lado, proporcionando o movimento desejado.

Os elementos do mecanismo biomecânico do protótipo final são detalhados a seguir, em partes, para uma melhor explicação e visualização, conforme mostrado na Figura 8.

Figura 8 - Detalhes das peças montadas no Protótipo



Fonte: O autor, 2024.

Na figura acima, observa-se que o mecanismo de fisioterapia é composto por: uma primeira fixação no dedo, utilizando um círculo de aço revestido com EVA para maior conforto uma segunda fixação em um meio-círculo de aço também revestido com EVA, com travamento por elástico sob pressão, parafuso de aço com fixação por porca dos elos em alumínio, composto por seis elos que possibilitam os movimentos planares dos dedos.

O último elo articulado na base plástica superior, utilizando porcas guias e espaçadoras, fixadas por um único parafuso articulado nessa base inferior com fixação articulada dos elos do polegar, apoiada em EVA para conforto, e travamento por velcros e fixação dos cabos em um dos parafusos dos elos, que se unem em um tubo de bronze prensado sob pressão, convergindo em um único cabo para a ancoragem na cinta peitoral.

4.3 TESTES DE VIABILIDADE TÉCNICA

Durante o desenvolvimento do protótipo da órtese mecânica para reabilitação de pacientes com AVC ou paralisia, o autor e produtor do dispositivo realizou testes de viabilidade em si mesmo, a fim de avaliar a funcionalidade e adequação do projeto. Esses testes foram fundamentais para verificar se a órtese atendia aos requisitos básicos de conforto, mobilidade e eficácia na simulação dos movimentos naturais da mão.

Os testes incluíram a colocação da órtese em seu antebraço e mão para analisar a capacidade de ativar os movimentos de extensão e flexão dos dedos e do punho. A força de ativação necessária para mover a mão foi um dos principais pontos observados, com ajustes sendo feitos para garantir que o dispositivo fosse capaz de gerar força suficiente sem causar desconforto ou exigir um esforço excessivo. Além disso, o ajuste da órtese ao formato da mão foi avaliado para verificar a compatibilidade do protótipo com diferentes tamanhos e formas anatômicas.

Esses ensaios práticos permitiram identificar algumas limitações do protótipo inicial, como a necessidade de adaptações manuais para mãos de diferentes tamanhos e a durabilidade dos componentes mecânicos nas articulações. Ao mesmo tempo, os testes serviram como base para melhorias na ergonomia do dispositivo e no sistema de acionamento dos movimentos, com o objetivo de garantir que o protótipo seja eficaz não apenas em condições controladas, mas também em cenários de uso clínico real.

Esses ensaios preliminares proporcionaram informações valiosas sobre a viabilidade da órtese e mostraram que, apesar das limitações, o protótipo tem um grande potencial como ferramenta de reabilitação. No entanto, antes da aplicação em pacientes, serão necessárias mais validações, especialmente com o uso de testes clínicos com indivíduos que possuam diferentes níveis de comprometimento motor.

O primeiro teste foi realizado através de Movimentos Articulares e Funcionalidade Mecânica: a órtese foi submetida a uma série de movimentos, incluindo flexão, extensão e abdução dos dedos, em diferentes amplitudes. Um motor externo foi utilizado para simular os movimentos da mão, garantindo que

a órtese desempenhasse sua função de forma suave e sem bloqueios mecânicos.

Amplitude de Movimento (ADM): A órtese foi testada para garantir que seus movimentos assistidos cobrissem no mínimo 80% da amplitude de movimento de uma mão saudável. A ADM foi medida utilizando um goniômetro digital, que permitiu a mensuração precisa dos ângulos de flexão e extensão das articulações dos dedos e do punho. Esse parâmetro foi crucial para avaliar se a órtese proporcionava mobilidade suficiente para o paciente realizar tarefas diárias básicas.

Força de Ativação: Outro critério relevante foi a força de ativação necessária para acionar o sistema mecânico da órtese. Foram realizados ensaios simulando diferentes níveis de força, a partir de dados da literatura, que indicam que pacientes com AVC ou paralisia apresentam uma capacidade reduzida de força nas extremidades superiores. Utilizou-se um dinamômetro para medir a força aplicada, com o objetivo de garantir que a órtese pudesse ser ativada com uma força que é considerada ideal para pacientes com comprometimento motor leve a moderado. A eficiência foi verificada pelo quanto a órtese poderia auxiliar o movimento com a menor força aplicada pelo paciente.

Prensão e Sustentação de Objetos: Um parâmetro adicional foi a capacidade da órtese de sustentar diferentes tipos de objetos. Foram selecionados objetos de diferentes pesos (50g, 100g e 200g) para testar se o sistema de preensão era capaz de mantê-los de forma segura e estável. Este teste foi importante para validar a funcionalidade da órtese em cenários práticos.

Resistência dos Materiais e Durabilidade: Foram realizados testes de resistência mecânica para avaliar a durabilidade dos componentes da órtese, como articulações e sistemas de tração. Testes de fadiga foram aplicados, simulando o uso prolongado do dispositivo para assegurar que a órtese suportasse movimentos repetitivos ao longo do tempo.

Com base nesses critérios, a órtese mostrou-se funcional, com resultados promissores na reprodução dos movimentos assistidos, embora fossem recomendados ajustes para aprimorar a precisão na preensão de objetos mais pesados e na durabilidade de certos componentes.

4.4 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados foram analisados com foco em três critérios principais, visando assegurar a funcionalidade e a usabilidade da órtese para pacientes que sofreram AVC ou paralisia. O primeiro critério foi a eficiência dos movimentos assistidos, que envolveu a medição da amplitude, suavidade e coordenação dos movimentos proporcionados pela órtese, em comparação com o movimento natural da mão. Foram realizados testes para verificar a precisão com que a órtese reproduzia movimentos funcionais, como a flexão e extensão dos dedos e a mobilidade do punho, sem apresentar travamentos, folgas ou limitações mecânicas. A análise também incluiu a avaliação da resposta da órtese a diferentes níveis de força aplicada, garantindo uma assistência ajustada às necessidades de cada usuário.

O segundo critério foi a força necessária para ativação, que avaliou a quantidade de força que o usuário precisa aplicar para acionar os movimentos da órtese. A eficiência do sistema mecânico foi verificada para garantir que a ativação dos movimentos não exigisse um esforço excessivo por parte do usuário ou de um sistema auxiliar. O objetivo era permitir que a órtese funcionasse de forma prática e ergonômica, facilitando o processo de reabilitação.

O terceiro critério foi a durabilidade, com foco na análise do desgaste dos materiais após a simulação de repetidos ciclos de uso. Foram utilizados métodos de análise de falhas e desgaste de materiais para garantir que a órtese suportasse o uso contínuo e repetitivo sem comprometer sua funcionalidade ao longo do tempo.

O estudo investigou possíveis pontos de desgaste nas articulações e nos mecanismos dos dedos, considerando os materiais recicláveis e prototipagem 3D. Testes em pacientes reais serão recomendados em estudos subsequentes para avaliar a eficácia clínica, o conforto durante o uso prolongado e a aceitação do dispositivo pelos usuários em contextos de reabilitação.

Para um próximo estudo, verifica-se a possibilidade de um aprofundamento e realização de testes em pacientes reais, acometidos de AVC e paralisia.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 EFICIÊNCIA DOS MOVIMENTOS ASSISTIDOS

Os testes de funcionalidade focaram na eficiência dos movimentos assistidos pela órtese. O protótipo foi avaliado em um sistema mecânico que simulava o movimento de uma mão saudável, permitindo a comparação da amplitude e suavidade dos movimentos.

Os resultados mostraram que a órtese conseguiu realizar os movimentos previstos com uma amplitude de cerca de 80% em comparação com o movimento natural. A suavidade dos movimentos foi considerada satisfatória, sem evidências de travamentos nas articulações. Esses resultados indicam que a estrutura projetada proporcionou uma reprodução eficaz dos movimentos, o que é essencial para a reabilitação motora.

No entanto, foram identificados ajustes necessários, especialmente em relação ao mecanismo de preensão. O protótipo teve dificuldades em replicar a preensão de objetos pequenos, sugerindo que o sistema de tração utilizado poderia ser aprimorado para aumentar a precisão dos movimentos. A tabela 1 apresenta algumas observações realizadas pelo produtor do protótipo, autor deste estudo, o qual realizou os testes em si mesmo para verificar a eficácia.

Tabela 1: Testes de Viabilidade do Protótipo

Parâmetro Avaliado	Método Quantitativo	Métricas Observadas	Notas
Amplitude de Movimento (ADM)	Amplitude de Movimento (ADM)	Amplitude de Movimento (ADM)	Amplitude de Movimento (ADM)
Força de Ativação	Dinamômetro	Força necessária	Avaliação da força ideal para ativar a órtese.
Prensão Sustentação Objetos. e de	Teste de Sustentação.	Capacidade de sustentar objetos (peso em gramas)	Testado com objetos de 50g, 100g e 200g.
Durabilidade e Resistência	Ensaios de Fadiga	Ciclos de extensão e flexão até a falha	Testes realizados em movimentos repetitivos.

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Os testes de viabilidade da órtese mecânica foram realizados com base em parâmetros quantitativos. A amplitude de movimento foi medida comparando os ângulos de flexão e extensão com os de uma mão saudável, enquanto a força de ativação necessária foi avaliada com um dinamômetro, garantindo que estivesse dentro dos limites adequados para pacientes com comprometimento leve a moderado. Testes de preensão foram conduzidos utilizando objetos de diferentes pesos (50g, 100g e 200g) para avaliar a capacidade de sustentação da órtese.

5.3 DURABILIDADE E TESTES DE FADIGA

A durabilidade do protótipo foi testada por meio de ensaios de resistência, nos quais a órtese foi submetida a ciclos de flexão e extensão contínuos dos dedos. Após os testes, os componentes da órtese apresentaram desgaste mínimo, indicando boa durabilidade dos materiais escolhidos.

Os testes de fadiga revelaram que, apesar do uso prolongado, não houve falhas mecânicas significativas. No entanto, o desgaste foi mais acentuado em áreas de alta fricção, como as articulações dos dedos. Isso sugere que o uso de materiais com menor coeficiente de atrito, como ligas metálicas específicas, poderia aumentar ainda mais a vida útil da órtese.

Em termos de durabilidade, o protótipo atendeu às expectativas de uso diário contínuo. No entanto, o aprimoramento do design das articulações pode ser necessário para melhorar a resistência ao desgaste em longo prazo.

A durabilidade do dispositivo foi testada por meio de ensaios de fadiga, simulando movimentos repetitivos, através de ciclos de uso contínuo. Esses métodos quantitativos validam o desempenho da órtese, destacando seu potencial para reabilitação.

5.4 LIMITAÇÕES E DESAFIOS

Embora os resultados sejam promissores, o estudo apresenta limitações. A ausência de testes clínicos em pacientes reais impede a avaliação da eficácia da órtese em um cenário de reabilitação. A adaptação do dispositivo à anatomia

de diferentes usuários também não foi testada, necessitando de uma abordagem personalizada para otimizar conforto e eficácia.

Além disso, o sistema de tração pode ser complexo, sugerindo a necessidade de simplificação para facilitar a manutenção e reduzir custos. A inclusão de componentes eletrônicos, como sensores de pressão e motores, poderia otimizar a eficiência, mas isso aumentaria o custo e a complexidade do protótipo.

6 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou o desenvolvimento e avaliação de um protótipo de órtese mecânica voltada à reabilitação de pacientes que sofreram AVC ou paralisia, com o objetivo de auxiliar na recuperação dos movimentos da mão. A partir dos testes laboratoriais, foi possível verificar que a órtese é capaz de realizar movimentos de flexão e extensão dos dedos com uma eficiência satisfatória, replicando aproximadamente 80% da amplitude de movimentos de uma mão saudável. Os resultados também indicaram que a força necessária para ativação do dispositivo é adequada para pacientes com comprometimento motor leve a moderado, demonstrando a viabilidade do uso da órtese em processos de reabilitação.

Entretanto, o estudo apresentou algumas limitações. A precisão do movimento de preensão foi restrita, sugerindo a necessidade de aprimorar o mecanismo de tração para oferecer maior controle e precisão nos movimentos. Outra limitação refere-se à durabilidade dos materiais: embora considerados adequados para uso contínuo, a resistência ao desgaste em longo prazo ainda precisa ser melhor investigada. Além disso, a ausência de testes clínicos reais limitou a avaliação do desempenho da órtese em condições práticas de reabilitação.

Para estudos futuros, sugere-se a incorporação de sensores de pressão no dispositivo, permitindo a regulação automática da força aplicada de acordo com as necessidades do paciente. Testes clínicos com pacientes reais também são cruciais para validar a eficácia da órtese em ambientes de reabilitação. Outra proposta envolve a customização do design, adaptando-o a diferentes perfis de

pacientes, garantindo maior conforto, ajuste e adesão ao uso contínuo. Adicionalmente, melhorias no sistema de tração podem aumentar a precisão dos movimentos, especialmente no processo de preensão, tornando o dispositivo mais eficiente.

Em síntese, este estudo representa um avanço promissor no campo das tecnologias assistivas para pacientes com disfunções motoras. Com as melhorias sugeridas, a órtese tem o potencial de se tornar uma ferramenta eficaz e acessível no processo de reabilitação, promovendo a recuperação funcional e maior independência dos pacientes.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Pedro Nogueira *et al.* Análise epidemiológica do Acidente Vascular Cerebral nos estados do Nordeste (2020 - 2022). **Brazilian Journal of Health Review**, [S. I.], v. 7, n. 3, p. e69525, 2024. DOI: 10.34119/bjhrv7n3-054.

Disponível em:

<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/69525>.

Acesso em: 23 set. 2024.

AMARAL, Renata Câmara. **Perfil de pacientes internados por Acidente Vascular Cerebral em um hospital do norte do estado do Rio Grande do Sul**. 2018. 77 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Medicina) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Passo Fundo, 2018. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/2898/3/RENATA%20CAMERA%20AMARAL.pdf>. Acesso em: 19 set. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. **Diretrizes de atenção à reabilitação da pessoa com acidente vascular cerebral** / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. Brasília: Ministério da Saúde, 2013.

BORGES, Carolina Araújo. **Impressão 3D para órteses, próteses e materiais especiais: cenário da produção e uso potencial de conhecimento no Brasil**. Programa de Pós-Graduação em Informação e Comunicação em Saúde – PPGICS. Rio de Janeiro, 2021

CARVALHO, José André. **Órteses: um recurso terapêutico complementar**. – 2. ed. – Barueri, SP: Manole, 2013.

CASTANEDA, Luciana. **Planejamento Regional Integrado**. PDF interativo. In: UNIVERSIDADE ABERTA DO SUS. UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO. Atenção à Pessoa com Deficiência I: Transtornos do espectro do autismo, síndrome de Down, pessoa idosa com deficiência, pessoa amputada e órteses, próteses e meios auxiliares de locomoção. Prescrição, Concessão, Adaptação e Manutenção de Órteses, Próteses e Meios Auxiliares de Locomoção. São Luís: UNA-SUS; UFMA; 2021.

CAREY, Louise. **Constraint-induced movement therapy in stroke rehabilitation**. In: CARR, J.; SHEPHERD, R. (Eds.). *Neurological Rehabilitation: Optimizing Motor Performance*. 2nd ed. Elsevier, 2012. p. 267–286.

COUTINHO, Karilany Dantas. **Tecnologia 3D na Saúde: uma visão sobre Órteses e Próteses, Tecnologias Assistivas e Modelagem 3D**. SEDISUFRN. Natal, 2018.

DOBKIN, Barry H. **Rehabilitation after stroke**. New England Journal of Medicine, v. 352, n. 16, p. 1677–1684, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJMra043160>. Acesso em: 27 abril de 2024.

FERREIRA, Nathália Almeida Gessi Basílio. **Design Sensorial, uma nova perspectiva da vida. São Paulo**: Adelpha Repositório Digital, 2021. Disponível em: <https://dspace.mackenzie.br/bitstream/handle/10899/332/NATHALIA%20ALMEIDA%20GESSI%20BASILIO%20FERREIRA1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 13 set. 2024.

GRADIM, Luma Carolina Câmara; PAIVA, Gisele. Modelos de órteses para membros superiores: uma revisão da literatura. **Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional**, São Carlos, v. 26, n. 2, p. 479-488, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cadbto/a/vkj8kYFmhDjCrv7Yzrx5pCx/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 25 set. 2024.

LIMA, Diego Silva. **Análise Física e Microbiologica de Biomodelos produzidos em manufatura aditiva para uso em próteses e órteses em animais**. Universidade de Rio Verde – UniRV. Faculdade de Medicina Veterinária. Rio Verde, 2019. 39 f.

LOBO, Pedro Giovanni Garonce *et al.* Epidemiologia do acidente vascular cerebral isquêmico no Brasil no ano de 2019, uma análise sob a perspectiva da faixa etária. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 4, n. 1, p. 3498-3505, 2021. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJHR/article/view/25142/20040>. Acesso em: 06 ago. 2021. DOI: 10.34119/bjhry4n1-272.

LOIOLA, F. D.; SILVA, E. R. da. **Otimização de órtese de membros inferiores para utilização no acometimento de pé caído**. Universidade de Rio Verde. Rio Verde. Goiás, 2017.

MASSOCO, Débora; LUCINIO, Lais; SANTOS, Raquel. Hemiplegia: uma revisão bibliográfica. **III Encontro Científico do GEPro Grupo de Estudo de Produção: FATEC-JAHU**, 2021. Disponível em: <http://geprofatecjahu.com.br/anais/2013/24.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2024.

MELO, Sueli. Tecnologia: base dos ODS. In: Tecnologia e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. **Revista do tecnólogo**. N. 14. Ed. 14. 2017

MORAES, Clayton Santos, RABIN, Eliane Goldberg, VIÉGAS Karin. Assessment of the care process with orthotics, prosthetics and special materials. **Revista Brasileira de Enfermagem** [Internet]. 2018;71(3):1099-105. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0034-7167-2017-0031>. Acesso em: 19 set. 2024.

OKAZAKI, Gabriel Akinaga. **Modelo de Negócio de Sevitização em Manufatura Aditiva de Próteses Ortopédicas.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção. São Paulo, 2016. 118 p.

RODRIGUES JÚNIOR, J. L.; CRUZ, L. M. S.; SARMANHO, A. P. S. Impressora 3D no desenvolvimento de pesquisas com próteses. **Rev. Interinst. Bras. Ter. Ocup.**, Rio de Janeiro. 2018. v.2, n. 2, p. 398- 413.

SAURON, Fabiane.; OLIVEIRA, Mônica; TEIXEIRA, Luiz. Órteses para membros superiores. In: SANTOS, L. S.; OLIVEIRA, M. C.; TEIXEIRA, L.

Terapia Ocupacional na Reabilitação Física. São Paulo: Editora Roca, 2003. Cap. 16, p. 264-296.

SILVA, Gabriel; MIRANDA, Raquel; MASSAUD, Rafael. **Acidente Vascular Cerebral: Prevenção, Tratamento Agudo e Reabilitação.** São Paulo: ATHENEU LTDA, 2015. ISBN: 9788538806721.

SOZZO, Ana; SILVA, Gustavo; CORREA, Vanessa. **Aplicação da escala de equilíbrio de BERG em pacientes após AVC.** [Trabalho de conclusão de curso na Internet]. Lins - SP: UniSALESIANO, 2017. 68 p. Disponível em: <https://pdfslide.tips/documents/aplicacao-da-escala-de-equilibrio-de-berg-emauxilium-curso-de-fisioterapia.html>. Acesso em: 19 set. 2024.

ZANCANARO, Erica.; MILOSAVLJEVIC, Srdjan. **The use of assistive devices in post-stroke home rehabilitation: A systematic review.** Disability and Rehabilitation: Assistive Technology, v. 14, n. 7, p. 697–704, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/17483107.2018.1468341>. Acesso em: 27 abril de 2024.