



**Faculdade Pernambucana de Saúde - FPS**

LORENA PEREIRA SANTOS

RAIZA GABRIELA CAVALCANTE DE ARAÚJO

**Avaliação de usabilidade e satisfação de neuroórtese para  
indivíduos com com Pé equino - Um estudo Piloto**

**Recife**

**2025**

LORENA PEREIRA SANTOS

RAIZA GABRIELA

## **Assessment of neuro orthosis Usability and satisfaction individuals with equinus foot - A pilot study**

Artigo apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do curso de Bacharelado em Fisioterapia da Faculdade Pernambucana de Saúde, sob a orientação de Marcela Cavalcanti Moreira e coorientação de América Palmeira.

**Linha de pesquisa:**

**Orientadora:** Marcela Cavalcanti Moreira

**Coorientador:** América Palmeira

Recife

2025

## IDENTIFICAÇÃO

### ORIENTAÇÃO:

#### **Marcela Cavalcanti Moreira**

Pesquisador responsável da FPS,

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5751105994811525>

Local de trabalho: Serviço escola de Fisioterapia da Faculdade Pernambucana de Saúde - FPS e Neurobots.

E-mail: marcela.moreira@fps.edu.br | Contato: (81 )99669 - 1500

### COORIENTAÇÃO:

#### **América Palmeira**

Local de trabalho: Faculdade Pernambucana de Saúde

E-mail: americaapalmeira.78@gmail.com | Contato: (81) 99293 - 9213

### ACADÊMICOS:

#### **Lorena Pereira Santos**

Acadêmica de Fisioterapia da FPS.

E-mail: lorenasantosfisio@gmail.com | Contato: (81) 98652-7372

#### **Raiza Gabriela Cavalcante de Araújo**

Acadêmica de Fisioterapia da FPS.

E-mail: raizagabriela25@hotmail.com | Contato: (81) 98699-0407

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos, primeiramente, a Deus, por nos guiar e dar forças ao longo dessa jornada. Sem a Sua presença e o Seu amor, este trabalho não seria possível. Aos nossos pais e familiares, pelo apoio incondicional, paciência e incentivo em todos os momentos, mesmo nos mais difíceis. Vocês são a base que nos sustenta e a inspiração para seguir em frente. Às nossas orientadoras Marcela Moreira e América Palmeira pela dedicação, pelos ensinamentos valiosos e por acreditar em nós mesmo diante dos desafios. Sua orientação foi fundamental para que este trabalho fosse realizado com qualidade e seriedade. Aos professores da FPS, do curso de fisioterapia, que contribuíram com o conhecimento e motivação ao longo dessa trajetória acadêmica, ajudando a moldar nosso desenvolvimento pessoal e profissional. Aos colegas e amigos, pela troca de experiências, pela parceria nos momentos difíceis e por cada palavra de encorajamento. Sem vocês, o caminho teria sido mais árduo e menos gratificante. Por fim, agradecemos a todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho. Cada gesto, conselho e palavra de apoio foi essencial para que este momento se tornasse realidade.

Com gratidão,  
Lorena e Raiza.

## RESUMO

**Introdução:** O pé equino é uma condição comum relacionada a lesões do sistema nervoso, caracterizada pela dificuldade em realizar a dorsiflexão do tornozelo, o que pode resultar em um padrão de marcha escarvante e aumentar o risco de quedas. Para tratar essa condição, os profissionais de reabilitação frequentemente recomendam a órtese suropodálica, embora essas possam limitar o movimento e apresentar estética ruim. Outra estratégia é a eletroestimulação funcional (FES) do músculo tibial anterior, que ajuda na dorsiflexão e melhora a marcha, além de fortalecer o músculo e aumentar o controle e a amplitude de movimento em uso prolongado. Apesar de seus benefícios, as neuroórteses, que combinam eletroestimulação com dispositivos, não são amplamente utilizadas devido ao custo elevado. É crucial desenvolver estratégias para aumentar o acesso a esses recursos, garantindo a usabilidade e a satisfação dos usuários, conforme descrito pela norma ISO 9241-11. **Objetivo:** Testar a usabilidade e satisfação de uma órtese dinâmica para eletroestimulação de Tibial anterior em pessoas com pé equino. **Métodos:** Esse é um estudo piloto e o produto foi testado por indivíduos com pé equino, avaliando usabilidade, satisfação e a comparação da marcha com e sem o uso da órtese. A avaliação foi feita por 1 voluntário, que recebeu instruções sobre o uso do dispositivo. Os eletrodos foram posicionados no tibial anterior, o aparelho ajustado e, após a aplicação, o participante andou para avaliar a marcha. Em seguida, foi preenchido um questionário de usabilidade e satisfação. O dispositivo foi ajustado conforme o feedback, podendo ser testado novamente até que o participante estivesse satisfeito com o resultado. **Resultados:** O estudo de caso foi realizado com uma paciente de 36 anos, diagnosticada com AVCI, apresentando hemiparesia e submetida à aplicação de toxina botulínica. A avaliação revelou leve deficiência em força muscular e tônus aumentado, além de dificuldades na propriocepção e marcha. A análise da neuroórtese mostrou resultados positivos quanto à usabilidade e conforto, mas também indicou áreas para melhoria, especialmente em relação ao feedback do dispositivo e à detecção de erros, com a paciente sugerindo ajustes para aprimorar sua funcionalidade e confiabilidade. **Conclusões:** O estudo sobre a neuroórtese para eletroestimulação do Tibial anterior mostrou ser uma tecnologia viável e bem aceita, com benefícios na reabilitação de pessoas com pé equino, como melhorias na caminhada e facilidade de uso. No entanto, foram identificadas áreas que precisam de refinamento, como o aumento da eficácia e usabilidade. Com ajustes e uma análise mais aprofundada, o dispositivo tem grande potencial para transformar a reabilitação motora e melhorar a qualidade de vida dos usuários.

**Palavras-chave:** Pé equino; Neurobots; Neuroórtese; Eletroestimulação; Tibial anterior.

## ABSTRACT

**Introduction:** Equinus foot is a common condition related to nervous system injuries, characterized by difficulty in performing ankle dorsiflexion, which can result in a clawing gait pattern and increase the risk of falls. To treat this condition, rehabilitation professionals often recommend a foot orthosis, although these can limit movement and present poor aesthetics. Another strategy is functional electrical stimulation (FES) of the tibialis anterior muscle, which helps in dorsiflexion and improves gait, in addition to strengthening the muscle and increasing control and range of motion in prolonged use. Despite their benefits, neuroorthoses, which combine electrical stimulation with devices, are not widely used due to their high cost. It is crucial to develop strategies to increase access to these resources, ensuring usability and user satisfaction, as described by the ISO 9241-11 standard. **Objective:** To test the usability and satisfaction of a dynamic orthosis for electrostimulation of the tibialis anterior in people with equinus foot. **Methods:** In Phase 2, the product was tested by individuals with equinus, evaluating usability, satisfaction, and gait comparison with and without the orthosis. The evaluation was performed by 1 volunteer, who received instructions on how to use the device. The electrodes were positioned on the tibialis anterior, the device was adjusted, and, after application, the participant walked to evaluate gait. Then, a usability and satisfaction questionnaire was completed. The device was adjusted according to the feedback, and could be tested again until the participant was satisfied with the result. **Results:** The case study was performed with a 36-year-old patient diagnosed with stroke, presenting hemiparesis and undergoing botulinum toxin injection. The evaluation revealed mild deficiency in muscle strength and increased tone, in addition to difficulties in proprioception and gait. The analysis of the neuroorthosis showed positive results regarding usability and comfort, but also indicated areas for improvement, especially regarding device feedback and error detection, with the patient suggesting adjustments to improve its functionality and reliability. **Conclusions:** The study on the neuroorthosis for electrostimulation of the anterior tibial showed that it is a viable and well-accepted technology, with benefits in the rehabilitation of people with equinus, such as improvements in walking and ease of use. However, areas that need refinement were identified, such as increased efficacy and usability. With adjustments and further analysis, the device has great potential to transform motor rehabilitation and improve the quality of life of users.

Keywords: Equinus; Neurorobots; Neuroorthosis; Electrostimulation; Anterior tibial.

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

1. FPS Faculdade Pernambucana de saúde
2. AVCI Acidente Vascular Cerebral isquêmico
3. FAC Functional Ambulation Category
4. TSL Teste de Sentar-Levantar

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Questionário de usabilidade parte 1.....	15
Tabela 2. Questionário de usabilidade parte 2.....	15
Tabela 3. Questionário de usabilidade parte 3.....	16



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2. MÉTODOS</b> .....	<b>10</b>
<b>3. RESULTADOS</b> .....	<b>14</b>
<b>4. DISCUSSÃO</b> .....	<b>17</b>
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	<b>18</b>
<b>6. REFERÊNCIAS</b> .....	<b>19</b>
<b>7. APÊNDICES</b> .....	<b>20</b>
APÊNDICE A .....	18
APÊNDICE B .....	19
APÊNDICE C .....	24
APÊNDICE D .....	24
APÊNDICE E .....	24
APÊNDICE F .....	24
APÊNDICE G .....	25
APÊNDICE H .....	26
APÊNDICE I .....	28

## 1. INTRODUÇÃO

O pé equino é uma condição motora amplamente associada a lesões no sistema nervoso central ou periférico, como Acidente Vascular Cerebral (AVC), Paralisia Cerebral, lesões medulares e neuropatias periféricas. A principal característica desse quadro é a dificuldade em realizar a dorsiflexão do tornozelo, resultando em um padrão de marcha inadequado, frequentemente chamado de marcha escarvante, onde o indivíduo arrasta os pés ou realiza movimentos compensatórios, como elevação excessiva do joelho, para evitar tropeços.<sup>1</sup>

Além de restringir a mobilidade, interfere de maneira significativa em diferentes aspectos da vida social do indivíduo.<sup>2</sup> Em termos de reabilitação, a órtese suropodálica tem sido amplamente indicada como uma solução para prevenir a queda do pé e auxiliar na fase de balanço da marcha.<sup>1</sup> No entanto, essas órteses frequentemente limitam o movimento do paciente e apresentam um aspecto estético insatisfatório, o que pode comprometer sua aceitação e adesão.<sup>3</sup>

Uma alternativa promissora no tratamento do pé equino é a utilização da eletroestimulação funcional (FES) no músculo Tibial anterior, com o objetivo de facilitar a dorsiflexão durante a fase de balanço da marcha.<sup>4</sup> No mercado, já existem diversos eletroestimuladores, e a literatura sobre o tema tem demonstrado que a FES pode promover uma melhoria na dorsiflexão do tornozelo, o que resulta em uma marcha mais eficiente.<sup>5</sup> Além disso, o uso contínuo da FES tem sido associado ao aumento da força muscular, ao controle voluntário do músculo e à melhoria da amplitude de movimento e velocidade da marcha.<sup>6</sup> Com o tempo, também são observados benefícios terapêuticos, como alterações positivas na função muscular e no padrão de marcha.<sup>7</sup> Quando a FES é combinada com um dispositivo específico, como uma órtese, ela pode ser classificada como uma neuroórtese, oferecendo benefícios adicionais.

Entretanto, apesar de seus potenciais benefícios, as neuroórteses ainda são pouco utilizadas devido ao seu alto custo, o que limita o acesso a esse recurso por grande parte da população, mas tem a vantagem de ser uma tecnologia móvel, com acessibilidade em qualquer lugar com acesso à internet.<sup>8</sup> Nesse contexto, é fundamental explorar estratégias que possam ampliar a acessibilidade a essas tecnologias, garantindo sua eficácia para os pacientes. Para isso, a usabilidade e a satisfação com o dispositivo precisam ser adequadamente avaliadas. A ISO 9241-11 define usabilidade como a medida em que um produto pode ser utilizado por indivíduos para alcançar objetivos específicos, levando em

consideração fatores como eficácia, eficiência e satisfação dentro de um determinado contexto.<sup>9</sup> Assim, garantir que a neuroórtese seja não apenas funcional, mas também confortável e bem aceita pelos pacientes, é essencial para o sucesso de sua implementação na reabilitação do pé equino.<sup>10</sup>

O objetivo geral do estudo é conduzir um estudo piloto para avaliar a satisfação e usabilidade da neuroórtese desenvolvida e sugerir melhorias para serem implementadas em testes futuros.

## **2.MÉTODOS**

Este projeto é parte de uma proposta de inovação tecnológica, resultado de uma parceria entre a Neurobots, Mercur e o serviço escola de Fisioterapia da Faculdade Pernambucana de Saúde (FPS).

Trata-se do piloto de um projeto ainda em desenvolvimento no serviço escola da Faculdade Pernambucana de Saúde (FPS), um estudo de caso apenas com o primeiro paciente avaliado.

Para uma melhor contextualização, ele está sendo executado em duas fases: na fase 1 ocorreu o desenvolvimento de uma neuroórtese com eletroestimulador para nervo tibial anterior. Esta fase foi de responsabilidade da equipe da Neurobots e da Mercur e está brevemente descrita abaixo para o entendimento da proposta. A Figura a seguir apresenta a neuroórtese utilizada neste estudo, desenvolvida para auxiliar indivíduos com pé equino. Sua inclusão visa ilustrar as características do dispositivo, permitindo uma melhor compreensão sobre sua estrutura e funcionamento, aspectos fundamentais para a avaliação de usabilidade e satisfação realizada nesta pesquisa.



A FASE 2 é onde sucede sendo testado e ocorre a avaliação da usabilidade e satisfação ao usar o produto. A partir daí o sistema foi aperfeiçoado e testado novamente.

### ***Fase 1***

Essa etapa será brevemente descrita no presente projeto para tornar possível o entendimento global da proposta. A ideia é desenvolver uma neuroórtese com eletroestimulação para auxílio da marcha do indivíduo com pé equino. O dispositivo irá detectar a angulação do membro inferior e, ao detectar a fase de contato inicial da marcha, irá realizar a eletroestimulação do tibial anterior favorecendo a dorsiflexão.

### ***Fase 2***

Nessa fase foi dado início a avaliação da satisfação e usabilidade da neuroórtese.

## **5.1 Local e período do estudo**

Foi realizado no serviço escola de fisioterapia da Faculdade Pernambucana de Saúde - FPS. Essa fase ocorreu após a aprovação do CEP, conforme o CAAE: 75137823.0.0000.5559 com data de início em Novembro/2023.

## **5.2 População do estudo**

Para a realização do estudo piloto, foi convocada uma paciente para testar a órtese e avaliar sua usabilidade e satisfação. Essa amostra foi por conveniência e a captação ocorreu através da lista de espera do serviço de fisioterapia neurofuncional da Clínica Fisio FPS. Sendo feito o contato telefônico e, aquele que desejou participar, foi agendado de acordo com a disponibilidade do participante.

### **5.2.1 Critérios de Elegibilidade**

Os critérios de inclusão para o estudo inclui participantes com sensibilidade preservada nos membros inferiores e idade superior a 18 anos. Foram excluídos indivíduos com escala de Ashworth superior a 3, presença de deformidades consolidadas na articulação do tornozelo, incapacidade de tolerar a eletroestimulação e gestantes. Esses critérios visam garantir a segurança e a eficácia da intervenção, selecionando uma amostra adequada ao objetivo da pesquisa.

## **5.3 Coleta de dados**

Inicialmente, o voluntário respondeu a um questionário contendo perguntas referentes ao estudo com o intuito de verificar se preenche os critérios de elegibilidade (APÊNDICE A). Em seguida, ocorreu uma explicação sobre o estudo e foi questionado quanto ao interesse em participar. Havendo interesse, foi solicitada a assinatura no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE B).

O participante recebeu instruções sobre o objetivo e utilização do Sistema proposto através da pesquisadora responsável em um consultório do serviço escola de Fisioterapia da

FPS. Foi explicado que seriam posicionados os eletrodos e que ao aparelho ser ajustado ele sentiria um formigamento na região, podendo ser visível a contração da musculatura. Todo o processo foi realizado de acordo com a tolerância do indivíduo. Após isso, ele foi convidado a ficar numa posição confortável sentado na frente do dispositivo e a aplicação aconteceu. Para isso, a área foi higienizada com álcool 70%. Dois eletrodos foram posicionados na região do Tibial anterior e o aparelho ficou mantido com velcro na mesma altura. O aparelho foi ligado e os parâmetros ajustados.

Quando o participante pontuasse conforto com o aparelho, ele seria orientado a ficar na posição de pé e andar da forma mais natural possível e então ocorreu a avaliação da marcha. Após esse momento ele foi instruído a retirar o aparelho e repetir novamente a marcha para comparar os dois momentos (com e sem o uso do aparelho).

Depois, ele preencheu o questionário de usabilidade e satisfação (APÊNDICE C e D). Para avaliar a usabilidade foi realizada uma adaptação da ferramenta Health Information Technology Usability Evaluation Scale (Health-ITUES). Ela é uma ferramenta validada e leva em consideração aspectos relacionados ao impacto, utilidade, facilidade de uso e controle do usuário<sup>7</sup>. Esse questionário avalia a usabilidade de uma órtese por meio de 10 itens, cada um relacionado a diferentes aspectos, como satisfação, conforto e facilidade de uso. Para cada item, o respondente escolhe uma entre cinco alternativas: Concordo Totalmente, Concordo, Nem Concordo, Nem Discordo, Discordo Parcialmente e Discordo Totalmente. As respostas são marcadas com um "X", permitindo medir o nível de concordância e identificar melhorias necessárias.

Para avaliar a satisfação foi criada uma escala para que o participante pontue de 0 a 10 e um espaço para que ele faça sugestões caso julgue necessário. Essa fase durou em média 1 hora e meia com o participante e ela foi agendada de acordo com a disponibilidade do mesmo. Pode ser que essa fase precise ser repetida mais de uma vez no decorrer do estudo principal.

### 3. RESULTADOS

Por se tratar de um estudo de caso, foi realizado com apenas um paciente voluntário atendido no serviço escola FPS, que atendia todos os critérios de inclusão.

M.P.R.G. 36 anos do sexo feminino, professora de educação física, diagnóstico de AVCI em 2022, que possui dominância no lado direito do corpo. Com a hemiparesia acometendo seu lado esquerdo, não tendo relatado qualquer comorbidade e fez aplicação de toxina botulínica em 11/2023.

Durante seu exame físico foram avaliadas as funções neuromusculoesqueléticas relacionadas com movimento, onde foi acusada força muscular da metade inferior do corpo normal, e uma leve deficiência de: Força dos músculos do hemicorpo esquerdo, funções relacionadas à mobilidade e estabilidade das articulações, reflexos de movimentos involuntários, controle de movimentos involuntários e coordenação de movimentos voluntários. Vale ressaltar que a deficiência leve relatada segundo a avaliação ficou definida como 5-24% onde as opções de resposta eram as visualizadas (APÊNDICE C).

Quanto a avaliação do tônus muscular, de acordo com a ESCALA DE ASWORTH, o resultado foi de 3, isso significa que ela possui membros que se mantêm em flexão ou extensão e são movidos com dificuldade, isso tudo devido a esse tônus aumentado que foi observado. (APÊNDICE D).

Sua avaliação proprioceptiva (APÊNDICE E) também trouxe um resultado de alteração parcial em quadril, joelho, tornozelo e hálux. Onde as opções de resposta seriam 2: Sem alterações; 1: Alteração parcial; NA: não avaliado.

Para avaliação de atividade e participação (APÊNDICE F), o Teste de Sentar-Levantar (TSL) é utilizado para medir a aptidão muscular funcional de um indivíduo. Este analisa a interação entre a força e a potência muscular em relação ao peso corporal, além de avaliar aspectos fundamentais como a coordenação motora, o equilíbrio corporal e a flexibilidade das



articulações nos membros inferiores. Trata-se de um método eficaz para compreender a capacidade funcional e o desempenho físico global de uma pessoa.

A avaliação de marcha foi realizada através da FAC (APÊNDICE G), uma escala utilizada para calcular a capacidade de deambulação de um paciente, com o objetivo de determinar o nível de assistência ou suporte externo necessário para que ele consiga realizar o ato de caminhar. Ela considera diferentes graus de independência na locomoção, analisando desde a necessidade de dispositivos auxiliares, como bengalas ou andadores, até o apoio físico de outra pessoa, fornecendo uma visão abrangente sobre a funcionalidade e autonomia do paciente no contexto da marcha.. A voluntária pontuou 4, que seria a marcha comunitária independente.

A aplicação da neuroórtese então foi realizada e M.P.R.G. foi questionada sobre a avaliação de usabilidade e satisfação (APÊNDICE I e H).

Na avaliação de usabilidade, o participante concorda que a órtese é um avanço tecnológico relevante para pessoas com pé equino (item 1). No item 2 da tabela houve uma discordância parcial quanto à relevância da tecnologia para a população em geral.

**Tabela 1.** Questionário de usabilidade parte 1

ITENS\QUESTÕES	CONCORDO TOTALMENTE	CONCORDO	NEM CONCORDO, NEM DISCORDO	DISCORDO PARCIALMENTE	DISCORDO TOTALMENTE
1- -Eu considero que a órtese associada à eletroestimulação é um avanço tecnológico importante para as pessoas com pé equino.		X			
2- Eu considero que a órtese associada a eletroestimulação é um avanço tecnológico importante para a população em geral.				X	

Ele concorda e relata melhorias perceptíveis na caminhada, tornando mais fácil e harmoniosa, fazendo que a paciente se sinta mais satisfeito com o caminhar com a órtese(item 3, 4 e 5). Isso sugere que o dispositivo cumpre sua função principal de promover uma marcha mais funcional. No aspecto de conforto com a habilidade de utilizar a órtese o participante concorda, sugerindo uma melhor adesão a neuroórtese (item 6).

**Tabela 2.** Questionário de usabilidade parte 2

ITENS\QUESTÕES	CONCORDO TOTALMENTE	CONCORDO	NEM CONCORDO, NEM DISCORDO	DISCORDO PARCIALMENTE	DISCORDO TOTALMENTE
3- A ferramenta desenvolvida torna mais fácil minha caminhada.		X			
4- A ferramenta desenvolvida torna a minha caminhada mais harmoniosa.		X			
5- Eu me sinto satisfeito (a) com o meu caminhar com a órtese.		X			
6- Eu estou confortável com a minha habilidade para usar a órtese		X			

A facilidade de aprender a usar a órtese foi destacada positivamente, tendo uma concordância (item 7), o que reforça a eficiência do design e do suporte oferecido durante os testes. Contudo, o paciente nem concorda nem discorda com clareza das informações fornecidas pelo dispositivo (item 10), no aspecto da órtese informar se o participante está usando errado para sugerir soluções para o problema (item 8) houve uma discordância parcial, havendo uma dificuldade percebida no feedback da órtese. Não houve também nem uma concordância, nem discordância na dificuldade percebida em corrigir erros de uso (item 9). Esses aspectos são cruciais para aumentar a confiança dos usuários e sua independência.

**Tabela 3.** Questionário de usabilidade parte 3

ITENS\QUESTÕES	CONCORDO TOTALMENTE	CONCORDO	NEM CONCORDO, NEM DISCORDO	DISCORDO PARCIALMENTE	DISCORDO TOTALMENTE
7-- Foi fácil aprender a usar a órtese		X			
8- A órtese me informa se eu estou usando incorretamente e aponta soluções para que eu corrija o problema.				X	

9- Quando eu cometo algum erro ao usar consigo corrigir facilmente.	X
10- As informações dadas pela órtese são claras.	X

---

Já em sua resposta para o questionário sobre satisfação e sugestões para melhoria do sistema (APÊNDICE I), a paciente trouxe uma satisfação de 7, onde a pontuação máxima seria 10, reflete uma aceitação geral positiva. Além disso, sugeriu a melhora das oscilações do parâmetro de funcionamento, instabilidade no objetivo final e a necessidade de uma detecção mais prática e certa do ponto motor.. Essas questões técnicas podem impactar tanto a funcionalidade quanto a confiança do usuário no dispositivo.

Os resultados do questionário apontam que a neuroórtese desenvolvida apresenta potencial promissor, especialmente no que diz respeito à sua eficácia e usabilidade, mas ainda há aspectos a serem aprimorados.

#### 4.DISCUSSÃO

O desenvolvimento da neuroórtese para eletroestimulação do Tibial anterior representa um avanço relevante na reabilitação motora de pessoas com

pé equino, uma condição que impacta na qualidade da marcha e a independência funcional.<sup>11</sup> O presente estudo buscou avaliar a usabilidade e satisfação dos usuários.

Os resultados indicaram que o participante considera a neuroórtese como um avanço tecnológico importante, especialmente para indivíduos com pé equino. O participante discorda parcialmente da relevância da tecnologia para a população do geral, possivelmente refletindo a percepção de que sua aplicação é específica para indivíduos com condições motoras. A percepção positiva sobre a melhora da caminhada e a facilidade de aprendizado no uso do dispositivo reforçam a viabilidade da tecnologia como uma solução inovadora. A avaliação revelou consenso quanto à capacidade da órtese de tornar a marcha mais harmoniosa e funcional, contribuindo para maior autonomia dos usuários. Esses achados estão alinhados com a literatura, que destaca o papel da eletroestimulação na melhora da função do paciente.<sup>12</sup> No entanto, desafios importantes foram identificados durante a avaliação. Aspectos como a clareza das informações fornecidas pela órtese, a detecção de erros e a dificuldade em corrigir problemas durante o uso receberam respostas neutras ou negativas, o que indica uma falta de confiança durante a marcha. Essa dificuldade pode ser atribuída à falta de feedback intuitivo e em tempo real do dispositivo, o que reforça a necessidade de aprimoramentos na interface e nos sistemas de alerta.

Outro ponto crítico identificado foi a oscilação dos parâmetros de funcionamento e a instabilidade do dispositivo relatada pelos participantes. A precisão na detecção do ponto motor do músculo tibial anterior é fundamental para assegurar a eficácia da estimulação elétrica funcional (FES) e, conseqüentemente, melhorar a funcionalidade da marcha.

Pesquisas destacam que o correto posicionamento dos eletrodos no ponto motor é essencial para potencializar a resposta muscular desejada, promovendo melhorias significativas na marcha de indivíduos com disfunções neurológicas. Um exemplo é um estudo publicado na Revista Brasileira de Fisioterapia, que analisou o posicionamento dos eletrodos no ponto motor do músculo tibial anterior para investigar variáveis espaço-temporais da marcha em crianças com paralisia cerebral. Este trabalho enfatiza que essa precisão é fundamental para garantir a eficácia da intervenção e alcançar resultados terapêuticos mais expressivos.<sup>13</sup> Essa precisão se dá pela avaliação da eletromiografia (EMG) é o estudo da função muscular por meio da análise dos sinais elétricos gerados pelos músculos, sendo, essencialmente, uma investigação da atividade das unidades motoras.<sup>14</sup>

A precisão no funcionamento de dispositivos assistivos, como a neuroórtese para eletroestimulação do Tibial anterior, é um fator determinante para a experiência do usuário e sua confiabilidade. Problemas relacionados à instabilidade no funcionamento ou à precisão dos parâmetros podem impactar negativamente tanto a eficácia do dispositivo quanto a satisfação do usuário. Estudos mostram que dispositivos assistivos mal ajustados ou que apresentam inconsistências no desempenho podem gerar abandono do dispositivo.<sup>15</sup>

A avaliação de satisfação, que obteve uma média de 7 em uma escala de 0 a 10, reflete uma aceitação inicial promissora, mas indica a necessidade de aprimoramentos técnicos para alcançar maior desempenho e melhor experiência do usuário.

As sugestões de melhorias fornecidas pelos participantes, como estabilidade do aparelho, detecção mais precisa do ponto motor e ajuste nos parâmetros, são cruciais para refinar o dispositivo e torná-lo mais eficaz e confortável no uso cotidiano.

Para avançar no desenvolvimento da neuroórtese, recomenda-se a implementação de ajustes técnicos e a integração de recursos mais avançados, como sensores inteligentes e feedback em tempo real.

## 5. CONCLUSÃO

O desenvolvimento e a avaliação da neuroórtese para eletroestimulação do Tibial anterior representam um avanço significativo no campo das tecnologias assistivas voltadas para a reabilitação motora. Este estudo demonstrou que é uma tecnologia viável, com boa aceitação inicial por parte dos usuários e benefícios claros na reabilitação de pessoas com pé equino. Os participantes relataram melhorias na caminhada, facilidade de uso e satisfação geral moderada, o que destaca o potencial do dispositivo para ser implementado em práticas clínicas. O dispositivo tem potencial para melhorar a qualidade da marcha, promovendo uma caminhada mais harmônica e funcional em pessoas com pé equino. A facilidade de aprendizado, aliada ao impacto positivo na mobilidade, foi um dos pontos fortes identificados durante a pesquisa.

Por fim, apesar do potencial do projeto, algumas limitações devem ser reconhecidas. Recomenda-se ampliar a amostra em estudos futuros, abrangendo diferentes faixas etárias e graus de comprometimento motor, melhorar o mecanismo de detecção do ponto motor, implementar sistemas de alerta e feedback em tempo real para auxiliar os usuários na correção de erros. Além disso, seria interessante investigar o impacto do uso da neuroórtese em outras dimensões, como redução de dores, prevenção de atrofia muscular e melhora na qualidade de vida geral.

O presente estudo evidencia que a neuroórtese tem potencial significativo para transformar a reabilitação motora de pessoas com pé equino. No entanto, a contínua busca por melhorias técnicas e o investimento em estratégias que facilitem o uso e a compreensão do dispositivo são fundamentais para garantir sua ampla aceitação e impacto positivo na qualidade de vida dos usuários.

## 6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Morone G, Fusco A, Di Capua P, Coiro P, Pratesi L. Walking training with foot drop stimulator controlled by a tilt sensor to improve walking outcomes: a randomized controlled pilot study in patients with stroke in subacute phase. *Stroke Res Treat.* 2012;2012:523564. doi: 10.1155/2012/523564. Epub 2012 Dec 22. PMID: 23316416; PMCID: PMC3539353.
- [2] Resende G. EQUIPAMENTO DE BIOFEEDBACK PARA TRATAMENTO FISIOTERAPICO EM PACIENTES PORTADORES DE PÉ EQUINO. 2014
- [3] Silva LS, Fidalgo MB, Muniz GM. Comparação dos efeitos da estimulação elétrica funcional e bandagem elástica funcional associadas à cinesioterapia na recuperação da marcha de pacientes hemiparéticos. 2018
- [4] Guimarães SS, Ferreira DM, Silva AM, Kosour C, Reis LM. Efeito da bandagem funcional associada ou não à FES e vibração na dorsiflexão e descarga de peso pós-AVC. 2015
- [5] Vaz DV, Mancini MC, Pereira MSDC, Pinto FP, Pinto TPS. Efeitos da estimulação elétrica funcional nos músculos do punho e dedos em indivíduos hemiparéticos: Uma revisão sistemática de literatura. 2007
- [6] Rodrigues VRMC, Quemelo PRV, Nascimento LCG, Pereira MCS. Reabilitação da funcionalidade e da marcha em hemiparéticos. *Revista Neurocienc* 2015
- [7] Everaert DG, Stein RB, Abrams GM, Dromerick AW, Francisco GE, Hafner BJ, Huskey TN, Munin MC, Nolan KJ, Kufta CV. Effect of a foot-drop stimulator and ankle-foot orthosis on walking performance after stroke: a multicenter randomized controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair.* 2013 Sep;27(7):579-91. doi: 10.1177/1545968313481278. Epub 2013 Apr 4. PMID: 23558080.
- [8] Schnall R, Cho H, Liu J. Health Information Technology Usability Evaluation Scale (Health-ITUES) for Usability Assessment of Mobile Health Technology: Validation Study. *JMIR Mhealth Uhealth.* 2018 Jan 5;6(1):e4. doi: 10.2196/mhealth.8851. PMID: 29305343; PMCID: PMC5775483.
- [9] KRONE, Caroline. Validação de Heurísticas de Usabilidade para Celulares Touchscreen. Grupo de Qualidade de Software/INCoD/UFSC. Florianópolis – SC, 2013.

- [10] Barbin, Isabel. PRÓTESE E ÓRTESE. Londrina - PR: Editora e distribuidora Educacional S.A., 2017.
- [11] Guimarães MTS, Liebano RE. Os efeitos da estimulação elétrica aplicada nos músculos dorsiflexores em pacientes pós-AVE: Uma revisão sistemática. 2013.
- [12] Hara Y, Obayashi S, Tsujiuchi K, Muraoka Y. The effects of electromyography-controlled functional electrical stimulation on upper extremity function and cortical perfusion in stroke patients. Clin Neurophysiol. 2013 Oct;124 (10):2008-15. doi: 10.1016/j.clinph.2013.03.030. Epub 2013 May 22. PMID: 23706813.
- [13] Jerônimo BP, Silveira JA, Borgs MBS, Dini PD, David AC. Variáveis espaço-temporais da marcha de crianças com paralisia cerebral submetidas a eletroestimulação no músculo tibial anterior. 2007.
- [14] Oliveira D, Rezende P, Silva M, Lizardo F, Sousa G, Santos L, Guimarães E, Chacur E. Análise eletromiográfica de músculos do membro inferior em exercícios proprioceptivos realizados com olhos abertos e fechados. 2012
- [15] Costa C, Ferreira F, Bortolus M, Carvalho M. Dispositivos de tecnologia assistiva: fatores relacionados ao abandono. 2015.



## 7. APÊNDICES

### APÊNDICE A – LISTA DE CHECAGEM DOS CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE

#### LISTA DE CHECAGEM

nº: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_ anos

#### CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

SIM

NÃO

Maior do que 18 anos

SIM

NÃO

Sensibilidade de membros inferiores preservada

#### CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO

Escala de ashworth maior que 3

Apresenta deformidades consolidadas na articulação do tornozelo

Feridas na região

Tolerar a eletroestimulação

Gestantes

**CRITÉRIOS DE INCLUSÃO** **SIM** **NÃO**

Maior do que 18 anos

 **SIM** **NÃO**

Sensibilidade de membros inferiores preservada

**Se elegível, concorda em participar?** Sim Não**APÊNDICE B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa "**Desenvolvimento de órtese dinâmica para eletroestimulação de Tibial Anterior e avaliação da usabilidade e satisfação em pessoas com Pé equino**". Para que você possa decidir se quer participar ou não, precisa conhecer os benefícios, os riscos e as consequências da sua participação.

Este é o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e tem esse nome porque você só deve aceitar participar desta pesquisa depois de ter lido e entendido este documento. Leia as informações com atenção e converse com o pesquisador responsável e com a equipe da pesquisa sobre quaisquer dúvidas que você tenha. Caso haja alguma palavra ou frase que você não entenda, converse com a pessoa responsável por obter este consentimento, para maiores explicações. Caso prefira, converse com os seus familiares, amigos e com a equipe médica antes de tomar uma decisão. Se você tiver dúvidas depois de ler estas informações, deve entrar em contato com o pesquisador responsável.

Após receber todas as informações e todas as dúvidas forem esclarecidas, você poderá fornecer seu consentimento, rubricando e/ou assinando em todas as páginas deste Termo, em duas vias (uma ficará com o pesquisador responsável e a outra, ficará com você, participante desta pesquisa), caso queira participar.

## **PROPÓSITO DA PESQUISA**

O objetivo dessa pesquisa é desenvolver e testar a usabilidade e satisfação de uma órtese dinâmica para eletroestimulação de Tibial anterior em pessoas com pé equino.

## **PROCEDIMENTOS DA PESQUISA**

Se concordar em participar deste estudo, inicialmente serão feitas algumas perguntas para avaliar se você se enquadra na pesquisa. Após isso, você será convidado a ficar numa posição confortável sentado e os eletrodos serão posicionados na região do músculo Tibial anterior. Para mais fácil entendimento, a pesquisadora responsável irá demonstrar primeiro nela onde fica a localização. Primeiramente, a área será limpa com álcool. Os eletrodos serão posicionados na região do Tibial anterior e o aparelho ficará preso com velcro na mesma altura. De acordo com a sua tolerância, a intensidade irá aumentando até ser visível a dorsiflexão do pé. Após isso, você será orientado a ficar de pé e caminhar. Essa caminhada será realizada em nosso laboratório de marcha e as câmeras e sensores irão capturar os movimentos. Após esse momento, a órtese será retirada e você será orientado a caminhar novamente para efeito de comparação. Após os testes, você preencherá os testes de usabilidade e satisfação. Estima-se que esse procedimento levará em média 1 hora. Os dados obtidos servirão para trabalho científico, permitindo o aperfeiçoamento dessas tecnologias.

## **BENEFÍCIOS**

Os benefícios do presente estudo consistem em desenvolver um recurso que garanta autonomia e independência para o caminhar, usando um recurso de fácil adesão, além de ser uma possibilidade de inovação tecnológica para que irá beneficiar milhões de indivíduos. Os participantes que desejarem participar receberão suas análises de marcha com e sem a órtese que é um recurso padrão ouro para avaliar os progressos.

## **RISCOS**

O presente estudo oferece risco mínimo aos participantes, uma vez que o procedimento proposto é simples e não invasivo, sendo apenas necessário o contato do eletrodo com a pele. Entretanto, a eletroestimulação provoca desconforto em algumas pessoas. Antes do procedimento, será explicado ao participante como é a sensação e o aparelho será colocado e

iniciado com a intensidade muito baixa. De acordo com a tolerância, ela irá sendo aumentada até ser visível a contração muscular. Por ser um recurso amplamente utilizado na reabilitação, ele já é conhecido e sabido que não oferece riscos ao usuário. Os eletrodos serão de uso individual. Todo o procedimento será realizado por uma pessoa previamente treinada e levará em conta os critérios de inclusão e exclusão deste estudo. Devem ser considerados como transtorno o tempo despendido. Todo o processo de avaliação será feito em uma sala reservada e, caso seja necessário, o pesquisador responsável interromperá a sessão a qualquer momento. Estima-se que todo o experimento durará em média uma hora e meia. Esse horário será agendado de acordo com a disponibilidade do participante.

Todos os dados obtidos ficarão armazenados sob a responsabilidade do pesquisador responsável. Esses dados não serão compartilhados com outras pessoas que não estejam envolvidas na pesquisa. A qualquer momento, o voluntário poderá solicitar esses dados.

## **CUSTOS**

A participação no estudo será gratuita. Não haverá cobrança por nenhum procedimento feito durante o estudo e também não receberá pagamento pela participação.

## **CONFIDENCIALIDADE**

Caso você decida participar da pesquisa, seus dados pessoais serão mantidos de maneira confidencial e sigilosa. Todos os dados ficarão guardados na nuvem no google drive sob a responsabilidade da pesquisadora responsável e só os envolvidos na pesquisa terão acesso. Esses dados só serão utilizados para divulgação depois de anonimizados e sua identidade será mantida em segredo.

## **PARTICIPAÇÃO VOLUNTÁRIA**

Você pode recusar a participação nesta pesquisa agora ou a qualquer momento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em relação ao pesquisador ou com a(s) Instituição(ões) que apóia(m) esta pesquisa, conforme a Resolução CNS 510 de 2016, Artigo 17, Inciso III. Entretanto, caso decida interromper sua participação na pesquisa, a equipe de pesquisadores

deve ser comunicada e a coleta de dados relativos à pesquisa será imediatamente interrompida e seus dados excluídos.

## **ACESSO AOS RESULTADOS DA PESQUISA**

Caso você queira, a qualquer momento durante o estudo, o pesquisador se disponibilizará a dar devolutivas sobre os seus resultados.

## **GARANTIA DE ESCLARECIMENTOS**

É importante que todas as informações contidas nesse Termo de Consentimento tenham sido passadas de forma clara. Entretanto, a qualquer momento, caso eventuais dúvidas passem a surgir, os envolvidos na pesquisa estão disponíveis a respondê-las. Para facilitar essa comunicação, por favor, ligue para **Marcela Cavalcanti Moreira**, no telefone (81) 996691500, no horário das 9h às 17h. Caso prefira, poderá entrar em contato por email: [marcela.moreira@neurobots.com.br](mailto:marcela.moreira@neurobots.com.br).

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos (CEP) da Faculdade Pernambucana de Saúde. Caso você tenha alguma consideração ou dúvida sobre a pesquisa, entre em contato com o CEP-FPS, que objetiva defender os interesses dos participantes da pesquisa, respeitando seus direitos e contribuir para o desenvolvimento da pesquisa desde que atenda às condutas éticas. O CEP-FPS está situado à Av. Mal. Mascarenhas de Moraes, 4861, Imbiribeira - Tel: 81.3312.7755 – Email: [comite.etica@fps.edu.br](mailto:comite.etica@fps.edu.br). O CEP/FPS funciona de 2ª a 6ª feira, nos seguintes horários: 08:00 às 11:30 h e 13:30 às 16:00h.

O Termo está sendo elaborado em duas vias, sendo que uma via ficará com o participante e a outra será arquivada com os pesquisadores responsáveis.

## **CONSENTIMENTO**

Li as informações acima e entendi o propósito do estudo. Ficaram claros para mim quais são os procedimentos a serem realizados, os riscos, os benefícios e a garantia de esclarecimentos permanentes.

Entendi também que a minha participação é isenta de despesas e que tenho garantia do acesso aos dados e que minhas dúvidas serão explicadas a qualquer tempo.

Entendo que meu nome não será publicado e será assegurado o meu anonimato.

Concordo voluntariamente em participar desta pesquisa e sei que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o andamento da pesquisa, sem prejuízo ou penalização alguma.

Declaro que tive tempo suficiente para ler e entender as informações acima, toda a linguagem técnica utilizada foi satisfatoriamente explicada e que responderam minhas dúvidas. Confirmo também que recebi uma cópia deste formulário de consentimento.

Eu, por intermédio deste, (  ) CONCORDO, dou livremente meu consentimento para participar desta pesquisa. (  ) NÃO CONCORDO.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do responsável

\_\_\_\_\_  
Local e data

NOME EM LETRA DE FORMA

Eu, abaixo assinado, expliquei completamente os detalhes relevantes desta pesquisa ao participante de pesquisa acima e/ou pessoa autorizada para consentir pelo mesmo.

\_\_\_\_\_  
Nome e Assinatura do Responsável pela Obtenção do Termo

\_\_\_\_\_  
Local e Data

\_\_\_\_\_  
Testemunha

\_\_\_\_\_  
Testemunha

### APÊNDICE C - OPÇÕES DE RESPOSTA

Nenhuma deficiência	(nenhuma, ausente, escassa)	0 - 4%
Deficiência leve	(leve, baixa,...)	5-24%
Deficiência moderada	(média, regular)	25-49%
Deficiência grave	(elevada, extrema...)	50-95%
Deficiência completa	(total...)	96-100%
Não especificada		
Não aplicável		

### APÊNDICE D - FUNÇÕES RELACIONADAS AO TÔNUS MUSCULAR ESCALA DE ASWORTH (ESPASTICIDADE)

GRAU	DESCRIÇÃO
0	Sem aumento do tônus muscular
1	Discreto aumento do tônus muscular, manifestado pelo apreender e liberar, ou por mínima resistência o final da amplitude de movimento, quando a parte (ou as partes) afetada é movimentada em flexão ou extensão.
1+	Discreto aumento no tônus muscular, manifestado pelo apreender, seguido de mínima resistência através do resto (menos da metade) da amplitude de movimento.
2	Marcante aumento no tônus muscular através da maior parte da amplitude de movimento, porém as partes afetadas são facilmente movimentadas.
3	Considerável aumento o tônus muscular, movimentos passivos dificultados.
4	A parte (ou partes) afetada mostra-se rígida a flexão ou extensão.

## APÊNDICE E - FUNÇÃO SENSORIAL

FUNÇÃO PROPRIOCEPTIVA (Deficiência leve)	QUADRIL		JOELHO		TORNOZELO		HÁLUX	
	D	E	D	E	D	E	D	E
	1	1	1	1	1	1	1	1

## APÊNDICE F - ATIVIDADE E PARTICIPAÇÃO

Sentado (TSL) 5reps	Time up and Go (TUG)
Tempo (s): 17,18	Tempo (s): Sem: 22,28 Com: 24,8

## APÊNDICE G - FAC /ANDAR

MARCHA - FAC (FUNCTIONAL AMBULATION CATEGORY/ANDAR)
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Não realiza marcha;</b> incapacidade absoluta para a deambulação mesmo com auxílio externo.</li> <li>2. <b>Marcha terapêutica,</b> não funcional. O paciente precisa ser firmemente amparado por 1 ou 2 pessoas e/ou deambulação só é possível durante terapia domiciliar ou hospitalar, nas barras paralelas.</li> <li>3. <b>Deambula</b> nas cercanias de casa ou na vizinhança; o paciente é capaz de deambular na rua, embora numa distância limitada e restrita.</li> <li>4. <b>Marcha comunitária</b> independente; os pacientes são capazes de deambular em todos os tipos de superfícies irregulares. Conseguem percorrer uma distância considerável, até mesmo irrestrita.</li> <li>5. <b>Marcha normal.</b> A deambulação é completamente normal tanto em distância como em aparência.</li> </ol>



## APÊNDICE H - AVALIAÇÃO DA USABILIDADE

Por favor, após utilizar a neuroórtese pontue como cada uma dessas frases melhor representa sua experiência.

	CONCORDO TOTALMENTE	CONCORDO	NEM CONCORDO, NEM DISCORDO	DISCORDO PARCIALMENTE	DISCORDO TOTALMENTE
Eu considero que a órtese associada à eletroestimulação é um avanço tecnológico importante para as pessoas com pé equino.		<b>X</b>			
Eu considero que a órtese associada a eletroestimulação é um avanço				<b>X</b>	

tecnológico importante para a população em geral.					
A ferramenta desenvolvida torna mais fácil minha caminhada.		X			
A ferramenta desenvolvida torna a minha caminhada mais harmoniosa.		X			
Eu me sinto satisfeito (a) com o meu caminhar com a órtese.		X			
Eu estou confortável com a minha habilidade para usar a órtese		X			
Foi fácil aprender a usar a órtese		X			
A órtese me informa se eu estou usando incorretamente e aponta soluções para				X	

que eu corrija o problema.					
Quando eu cometo algum erro ao usar consigo corrigir facilmente.			X		
As informações dadas pela órtese são claras.			X		

## APÊNDICE I - QUESTIONÁRIO SOBRE SATISFAÇÃO E SUGESTÕES PARA MELHORIA DO SISTEMA

Participante n°: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

**1. Qual a avaliação que você daria para o seu grau de satisfação em relação ao sistema utilizado? Escolha o número mais adequado para expressar sua satisfação.**



**2. Você tem alguma observação ou sugestão a fazer para contribuir com a melhoria do sistema utilizado?**

---

---

---

---

---