

MÃOS GUIADAS: DESENVOLVIMENTO PROTÓTIPOS DE ÓRTESES ASSISTIVAS PARA A MELHORA DA COORDENAÇÃO MOTORA FINA.

GUIDED HANDS: DEVELOPMENT OF PROTOTYPES OF ASSISTIVE ORTHOSIS TO IMPROVE FINE MOTOR COORDINATION.

Lohan Rossini Toaldo^{1, i}
Jefferson Adriano Barbosa Araújo^{2, ii}
Marcus Vinicius dos Reis Venditti^{3, iii}

RESUMO

Indivíduos com distúrbios neuro motores, como doença de Parkinson, sequelas de acidente vascular cerebral (AVC) e paralisia cerebral, frequentemente enfrentam desafios significativos na execução de tarefas que exigem coordenação motora fina, como a escrita e o desenho. Essa limitação impacta diretamente sua autonomia, comunicação e qualidade de vida. O presente artigo tem como objetivo principal desenvolver e analisar a eficácia do protótipo de órtese assistiva destinada a estabilizar os movimentos do membro superior. A metodologia adotada foi a pesquisa aplicada de caráter exploratório-descritivo, com abordagem qualitativa. Foram desenvolvidos protótipos de estabilização passiva (mecânica), fabricado utilizando tecnologias de impressão 3D e usinagem, e submetido a testes com usuários para avaliação de desempenho e usabilidade. Os resultados obtidos ao final do projeto demonstram sua efetividade tanto no aspecto técnico quanto educacional. Foram desenvolvidos, testados e apresentados sete protótipos funcionais de órteses assistivas, cada um projetado por equipes distintas de alunos com base em princípios de uso, acessibilidade e baixo custo. Os dispositivos foram submetidos a testes práticos iniciais, evidenciando melhorias significativas na estabilidade do traço e na redução do esforço durante tarefas de escrita e desenho. A diversidade de soluções geradas reflete a aplicação bem-sucedida da metodologia centrada no usuário e o potencial do ambiente educacional como agente de inovação social.

Palavras-chave: tecnologia assistiva. coordenação motora fina. órteses.

ABSTRACT

Individuals with neuromotor disorders, such as Parkinson's disease, stroke sequelae, and cerebral palsy, often face significant challenges in performing tasks that require fine motor coordination, such as writing and drawing. This limitation

¹ Graduando na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecânica de Precisão. E-mail: lohanrt@hotmail.com

² Graduando na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecânica de Precisão. E-mail: jeffeadriano@outlook.com

³ Professor na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecânica de Precisão. E-mail: marcus.venditti@sp.senai.br

directly impacts their autonomy, communication, and quality of life. The main objective of this article is to develop and analyze the effectiveness of an assistive orthosis prototype designed to stabilize upper limb movements. The methodology adopted was applied research of an exploratory-descriptive nature, with a qualitative-quantitative approach. Prototypes of passive (mechanical) stabilization were developed, manufactured using 3D printing and machining technologies, and subjected to user tests to evaluate performance and usability. The results obtained at the end of the project demonstrate its effectiveness in both technical and educational aspects. Seven functional prototypes of assistive orthoses were developed, tested, and presented, each designed by different teams of students based on principles of use, accessibility, and low cost. The devices underwent initial practical testing, demonstrating significant improvements in stroke stability and reduced effort during writing and drawing tasks. The diversity of solutions generated reflects the successful application of the user-centered methodology and the potential of the educational environment as an agent of social innovation.

Keywords: assistive technology. fine motor coordination. orthoses.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Problema de pesquisa

A coordenação motora fina é essencial para tarefas cotidianas como escrever e utilizar dispositivos digitais, envolvendo sincronia entre sistema nervoso e musculatura (RAJPUT; NOYES, 2024). Condições neurológicas e musculoesqueléticas, como Parkinson, AVC, paralisia cerebral, esclerose múltipla e artrite, podem comprometer severamente o controle motor, gerando tremores, espasticidade, fraqueza e perda de propriocepção (RAJPUT; NOYES, 2024). Além das limitações físicas, essas dificuldades impactam a autoestima, a autonomia e a inclusão social. Nesse cenário, a Tecnologia Assistiva (TA), prevista na Lei nº 13.146/2015, busca promover funcionalidade, independência e qualidade de vida. Contudo, existe uma lacuna no mercado de órteses para estabilização da mão, pois muitas soluções são importadas, caras e pouco adaptáveis às necessidades individuais.

1.2 Objetivo(s)

O objetivo geral é desenvolver e analisar um protótipo de órtese assistiva para membros superiores com estabilização mecânica passiva, auxiliando na escrita e no desenho. Especificamente, pretende-se: a) projetar e construir um protótipo funcional de baixo custo; b) avaliar sua eficácia em testes com usuários; e c) identificar pontos fortes e limitações da abordagem mecânica.

1.3 Justificativa

A pesquisa justifica-se pela necessidade de soluções acessíveis e personalizáveis em TA. O uso de design centrado no usuário e prototipagem rápida com impressão

3D apresenta-se como caminho promissor. O SENAI Suíço-Brasileiro apoiou o projeto com infraestrutura (laboratórios, Espaço Maker e softwares como SolidWorks) e orientação docente, promovendo interdisciplinaridade e inovação. A AACD, como stakeholder estratégico, forneceu feedback especializado sobre ergonomia, conforto e funcionalidade, fortalecendo o vínculo entre desenvolvimento acadêmico, aplicabilidade prática e impacto social.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A tecnologia assistiva (TA) busca ampliar habilidades funcionais de pessoas com deficiência, promovendo independência e inclusão, abrangendo desde adaptações simples até sistemas complexos (BERSCH, 2017). Sua eficácia depende da interação entre usuário, atividade, contexto e tecnologia, conforme o modelo HAAT, que valoriza uma abordagem centrada no indivíduo (COOK; POLGAR, 2015).

A coordenação motora fina, essencial para atividades diárias e, em especial, para a escrita, envolve movimentos precisos de mãos e dedos (GALLAHUE; OZMUN; GOODWAY, 2013). A escrita exige controle postural e movimentos ajustados; distúrbios nesse sistema comprometem a caligrafia. Condições como Parkinson, com tremor e bradicinesia, e AVC, que pode causar hemiparesia e espasticidade, afetam diretamente a preensão e a escrita (DEUSCHL; RAETHJEN, 2011).

Órteses são dispositivos externos que modificam funções do sistema musculoesquelético. Elas podem ser estáticas, que imobilizam, ou dinâmicas, que auxiliam o movimento (FESS; PHILIPS, 2005). No caso estudado, a órtese proposta atua como estabilizadora, restringindo movimentos indesejados e guiando o traço escrito, com inspiração em guias mecânicos aplicados de forma acessível graças a novas tecnologias (WEIGERT, 2017).

O design centrado no usuário, que envolve ativamente o público-alvo no processo de criação, é fundamental (NORMAN, 2013), sendo formalizado pela ISO 9241-210:2019 como um processo iterativo que garante usabilidade. A prototipagem rápida, especialmente a impressão 3D, viabiliza órteses personalizadas de baixo custo, já amplamente aplicadas na saúde (GIBSON; ROSEN; STUCKER, 2015).

A avaliação da eficácia pode ser feita pelo questionário QUEST 2.0, que mede a satisfação do usuário (DEMERS; WEISS-LAMBROU; DÉPÊTE, 2002), além de análises objetivas de desempenho e biomecânica da preensão, essenciais para conforto e redução de fadiga (SCHWELLNUS, 2001). Por fim, a transição para um produto comercial envolve otimização de design, certificação regulatória e estratégias de negócio sustentáveis.

3 METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida como estudo tecnológico aplicado, com

abordagem quali-quantitativa e método exploratório-descritivo, visando compreender as necessidades do público-alvo e avaliar um protótipo de órtese (MORAN, 2015). Estruturado em quatro fases, o projeto seguiu os princípios do design centrado no usuário. Inicialmente, realizou-se revisão bibliográfica e pesquisa de campo, com organização dos grupos de estudantes em dinâmica colaborativa, promovendo aprendizagem significativa (LUCKESI, 2011). Sessões de brainstorming estimularam a criatividade, em consonância com o design thinking (BROWN, 2009), enquanto a pesquisa teórica e empírica fundamentou a escolha de soluções técnicas (LAKATOS; MARCONI, 2003). O planejamento utilizou o Project Model Canvas, ferramenta útil para organização visual e colaborativa (CAVALCANTI, 2016).

Na segunda fase, os grupos elaboraram modelos 3D e desenhos técnicos no SolidWorks, projetando protótipos simples e de baixo custo, com guias lineares semelhantes a pantógrafos, fabricados em MDF, PLA e aço. A prototipagem foi realizada no Espaço Maker com impressoras 3D FDM, complementada por usinagem metálica.

A terceira fase consistiu em testes empíricos com 15 alunos voluntários, que realizaram tarefas de escrita e desenho com e sem a órtese. Os resultados foram registrados em vídeos e analisados de forma observacional. Embora não configurasse validação clínica, o processo permitiu ajustes iterativos, em consonância com metodologias ágeis (BECK et al., 2001), e valorizou a aprendizagem baseada em projetos (HERNÁNDEZ, 1998).

Por fim, na quarta fase, os grupos participaram de autoavaliação crítica sobre desempenho, cooperação e criatividade, fortalecendo a dimensão formativa da avaliação (LUCKESI, 2011). O processo incluiu consentimento informado e cuidados éticos, além do uso da inteligência artificial como ferramenta de apoio em pesquisa bibliográfica, fichamento e revisão textual. Dessa forma, a metodologia conciliou rigor acadêmico, inovação tecnológica e práticas pedagógicas ativas (MORAN, 2015).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos dados coletados durante os testes com usuários permitiu uma avaliação multifacetada do protótipo, revelando tanto seu potencial quanto suas áreas de aprimoramento. O estudo mostrou que a interação prática entre os voluntários e o dispositivo forneceu informações relevantes para a validação funcional e para o direcionamento de futuras melhorias.

Os protótipos desenvolvidos demonstraram serem eficazes na sua proposta primária: guiar o movimento em um plano bidimensional. Durante a tarefa de desenhar uma linha reta, observou-se que a estrutura mecânica efetivamente

restringiu movimentos involuntários no eixo vertical, auxiliando na obtenção de traços mais regulares.

Os participantes relataram uma percepção de maior controle e segurança ao utilizarem os dispositivos. Um dos voluntários mencionou que “parece que a mão vai no trilho, não preciso me preocupar tanto em manter a linha reta”. Esse feedback corrobora a hipótese de que a estrutura passiva pode reduzir a carga cognitiva associada à tarefa de escrita, atuando como um suporte que libera recursos mentais para o foco no conteúdo produzido.

Em termos de usabilidade, a simplicidade dos protótipos foi um ponto positivo amplamente citado. A montagem e operação foram consideradas intuitivas por todos os participantes, o que reforça a viabilidade de implementação em ambientes educacionais e terapêuticos. O baixo custo de fabricação, estimado em aproximadamente R\$ 500,00 (considerando materiais e impressão 3D), foi validado como um diferencial relevante, alinhado com o objetivo de acessibilidade e democratização da tecnologia assistiva.

Contudo, os protótipos também apresentaram limitações significativas. A principal crítica dos usuários foi a restrição da amplitude de movimento. A estrutura, por sua natureza, confina a escrita a uma área delimitada, o que foi percebido como “limitante” e “pouco natural” por alguns participantes. Essa observação ressalta a necessidade de se buscar um equilíbrio entre estabilização e liberdade de movimentos.

Outro aspecto importante foi a fricção entre os componentes móveis. Apesar de esforços para minimizá-la, ainda se exigia uma força inicial para iniciar o movimento, fator que pode representar um desafio para indivíduos com fraqueza muscular. Esse achado indica que, embora o modelo proporcione estabilização, também pode aumentar a demanda de esforço físico em determinados perfis de usuários.

Essa análise evidenciou a importância da abordagem iterativa do Design Centrado no Usuário (DCU). O feedback sobre a fricção e a limitação de amplitude forneceu insumos valiosos para futuras iterações de design, focadas na otimização de materiais, na escolha de componentes com menor coeficiente de atrito e na melhoria da ergonomia geral do dispositivo.

Conclui-se, a partir desta análise, que os protótipos cumpriram seu objetivo funcional, oferecendo melhoras mensuráveis na capacidade de escrita e desenho. Ainda que apresentem limitações, os resultados reforçam seu potencial como ferramenta acessível para auxiliar indivíduos com dificuldades motoras finas.

A etapa de autoavaliação realizada após a conclusão do projeto revelou percepções valiosas dos alunos sobre o processo de ensino-aprendizagem. Os maiores desafios relatados incluíram a complexidade dos conteúdos teóricos,

especialmente quando não havia uma base sólida prévia, e a dificuldade em conectar esses conceitos à prática.

Outro desafio recorrente mencionado pelos discentes foi a gestão do tempo, uma vez que a conciliação entre estudos, atividades práticas e responsabilidades externas gerou sobrecarga. A adaptação às metodologias ativas, que exigiam maior autonomia, também foi destacada como uma barreira inicial, embora posteriormente tenha se convertido em aprendizado significativo.

A introdução de ferramentas ou softwares novos, como SolidWorks e Ultimaker Cura, foi outro ponto que gerou insegurança em parte dos alunos. Esse cenário evidenciou a necessidade de maior suporte técnico no início do processo, com orientações adicionais que poderiam facilitar a curva de aprendizagem e reduzir a frustração inicial.

Por outro lado, os estudantes destacaram diversos pontos positivos. Entre eles, a didática dos professores, a relevância do tema, a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos e a oportunidade de trabalhar em equipe. O desenvolvimento dos protótipos foi apontado como uma experiência marcante, capaz de unir teoria e prática em um processo de construção coletiva.

Além disso, os alunos valorizaram o caráter inovador do projeto, considerando-o motivador para o desenvolvimento de competências técnicas e interpessoais. A interação em grupo e a possibilidade de resolver problemas reais proporcionaram uma aprendizagem significativa, alinhada com práticas pedagógicas contemporâneas.

Entre as sugestões de melhoria, foram propostas a ampliação do número de aulas práticas, a oferta de minicursos voltados ao domínio de softwares utilizados no projeto, e o aumento das oportunidades de feedback durante o processo. Tais propostas apontam para a importância de reforçar a integração entre teoria, prática e acompanhamento docente.

De forma geral, a autoavaliação evidenciou um alto nível de engajamento dos discentes, reforçando o valor de metodologias participativas no ensino de projetos aplicados. A experiência vivida mostrou que, apesar dos desafios, a combinação entre prototipagem, colaboração e ensino ativo pode gerar resultados positivos tanto no campo acadêmico quanto no desenvolvimento de soluções tecnológicas de impacto social.

5 CONCLUSÃO

O estudo buscou enfrentar as limitações da coordenação motora fina por meio do desenvolvimento e análise de órteses assistivas. O objetivo geral — projetar, construir e testar um protótipo mecânico — foi alcançado, demonstrando que a estabilização passiva pode gerar benefícios significativos, como

maior regularidade do traço, com baixo custo e simplicidade, favorecendo o acesso à tecnologia assistiva. A pesquisa evidenciou que fatores como tipo de limitação, condições financeiras, contexto e preferências pessoais influenciam na escolha da solução mais adequada.

A contribuição principal consiste em apresentar um protótipo de código aberto e baixo custo relativo, fundamentado em design centrado no usuário e prototipagem rápida, metodologias eficazes para criar dispositivos funcionais e iterativos. Reconhecem-se, contudo, limitações: a amostra reduzida e não clínica, os testes em ambiente controlado e o estágio inicial do protótipo, que demanda melhorias em ergonomia, durabilidade e design. Sugere-se, para pesquisas futuras, otimizar materiais, realizar estudos longitudinais e ampliar a diversidade da amostra para validação clínica mais robusta.

De forma ampla, o trabalho demonstrou que engenharia e design podem devolver às pessoas parte de sua capacidade de expressão e interação, reforçando a importância da continuidade de pesquisas em tecnologia assistiva para a promoção da inclusão e da dignidade humana.

No formulário de autoavaliação, os alunos relataram como maiores desafios a complexidade teórica, a gestão do tempo e a adaptação a metodologias ativas. Em contrapartida, destacaram positivamente a didática, a aplicação prática dos conteúdos, o trabalho em grupo e a relevância profissional dos projetos. Entre as sugestões, ressaltaram a oferta de workshops complementares, maior tempo para tópicos complexos e coleta contínua de feedback, visando um processo de ensino mais dinâmico e interativo.

REFERÊNCIAS

BECK, K. et al. Manifesto for Agile Software Development. 2001. Disponível em: <https://agilemanifesto.org/>

BERSCH, Rita. Introdução à Tecnologia Assistiva. Porto Alegre: CVI-AN, 2017. Disponível em: https://www.assistiva.com.br/Introducao_Tecnologia_Assistiva.pdf

BRASIL. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Brasília, DF: Presidência da República, 2015. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm

BROWN, T. Design Thinking: Uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

CAVALCANTI, A. Project Model Canvas: Gerenciamento de projetos sem burocracia. Rio de Janeiro: Brasport, 2016.

COOK, Albert M.; POLGAR, Janice M. Cook & Hussey's Assistive

Technologies: Principles and Practice. 4. ed. St. Louis: Mosby Elsevier, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/316255837_Assistive_technologies_Principles_and_practice_Fourth_edition

DEMERS, Louise; WEISS-LAMBROU, R.; DÉPÊTE, A. Quebec User Evaluation of Satisfaction with assistive Technology (QUEST 2.0): an overview and recent progress. *Technology and Disability*, v. 14, n. 3, p. 101-105, 2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228437673_The_Quebec_User_Evaluation_of_Satisfaction_with_Assistive_Technology_QUEST_20_An_overview_of_recent_progress

DEUSCHL, Günther; RAETHJEN, Jan. Tremor: differential diagnosis, pathophysiology, and therapy. In: *Parkinson's Disease and Related Disorders*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2011. p. 493-512. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/292751106_Tremors_Differential_diagnosis_pathophysiology_and_therapy

FESS, Elaine Ewing; PHILIPS, Cynthia A. *Hand and Upper Extremity Splinting: Principles and Methods*. 3. ed. St. Louis: Mosby, 2005. Disponível em: <https://cir.nii.ac.jp/crid/1130282272142158976>

GALLAHUE, David L.; OZMUN, John C.; GOODWAY, Jacqueline D. *Compreendendo o Desenvolvimento Motor: Bebês, Crianças, Adolescentes e Adultos*. 7. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=R6xIAgAAQBAJ&lpg=PR3&ots=b2ZFoURRSb&dq=GALLAHUE%2C%20David%20L.%3B%20OZMUN%2C%20John%20C.%3B%20GOODWAY%2C%20Jacqueline%20D&lr&hl=pt-BR&pg=PA183#v=onepage&q=GALLAHUE,%20David%20L.:%20OZMUN,%20John%20C.:%20GOODWAY,%20Jacqueline%20D&f=false>

GARCIA, F. S.; SANTOS, M. J. *Introdução à Robótica e Sistemas Embarcados com Arduino*. São Paulo: Érica, 2019.

GIBSON, Ian; ROSEN, David; STUCKER, Brent. *Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing*. 2. ed. New York: Springer, 2015. Disponível em: <http://repo.darmajaya.ac.id/3831/1/Additive%20Manufacturing%20Technologies%203D%20Printing%2C%20Rapid%20Prototyping%2C%20and%20Direct%20Digital%20Manufacturing%20%28%20PDFDrive%20%29.pdf>

HERNÁNDEZ, Fernando. *Transgressão e mudança na educação: os projetos de trabalho*. Artmed Editora, 2007.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR ISO 9241-210:2019: *Ergonomics of human-system interaction — Part 210: Human-centred design for interactive systems*. Geneva: ISO, 2019.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. Fundamentos de metodologia científica. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LUCKESI, C. C. Avaliação da Aprendizagem Escolar: estudos e proposições. 21. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

MORAN, J. M. Metodologias Ativas para uma Educação Inovadora. In: Seminário Nacional Currículo em Movimento da Educação Básica. Brasília, 2015. Disponível em:

https://www.tecnodocencias.com/ava/pluginfile.php/2392/mod_resource/content/1/Metodologias%20Ativas%20para%20uma%20Educa%C3%A7%C3%A3o%20Inovadora%20Uma%20Abordagem%20Te%C3%B3rica-Pr%C3%A1tica%20by%20Lilian%20Bacich%20%20Jos%C3%A9%20Moran%20%5BBacich%2C%20Lilian%5D%20CAP%C3%8DTULOS%20SELECIONADOS.pdf

NORMAN, Donald A. O Design do Dia a Dia. Rio de Janeiro: Rocco, 2013.

RAJPUT, Alex; NOYES, Eric. **Doença de Parkinson (DP)**. In: MANUAL MSD Versão Saúde para a Família. [S. l.]: Merck & Co., Inc., fevereiro 2024. Disponível em: <https://www.msmanuals.com/pt/casa/dist%C3%BArbios-cerebrais-da-medula-espinal-e-dos-nervos/doen%C3%A7as-do-movimento/doen%C3%A7a-de-parkinson-dp>. Acesso em: 23 jun. 2025.

SCHWELLNUS, Martin P. Practical clinical lower limb biomechanical assessment in athletes. **International SportMed Journal**, v. 2, n. 6, 2001. Disponível em: <https://journals.co.za/doi/abs/10.10520/EJC48492>

WEIGERT, MATEUS COLLARES. *Método de desenvolvimento de órtese personalizada de baixo custo para a manufatura aditiva*. MS thesis. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/2775>

SOBRE O(S)AUTOR(ES)

LOHAN ROSSINI TOALDO



Realizou o Curso de Aprendizagem Industrial (CAI) em Mecânico de Usinagem no SENAI, em Santo André. Concluiu o Curso Técnico em Mecânica de Precisão pela Faculdade SENAI Suíço-Brasileira de São Paulo em 2023. Atualmente é estudante do curso Superior de Tecnologia em Mecânica de Precisão na mesma instituição (2024). Atua profissionalmente na área de Mecânica, com experiência em SolidWorks, Manufatura Aditiva, desenvolvimento de dispositivos e integração de sistemas.

ii JEFFERSON ADRIANO BARBOSA ARAÚJO

Possui Ensino Médio completo pela EE DONA PRISCILIANA DUARTE DE ALMEIDA (2006). Atualmente, está cursando graduação em Mecânica de Precisão no SENAI (iniciado em 2024)

iii MARCUS VINICIUS DOS REIS VENDITTI

Profissional com formação em Tecnologia Mecânica pela Faculdade de Tecnologia de São Paulo (1996) e Administração na Uninter (2025). Possui diversas pós-graduações, incluindo Gestão em Governança Corporativa e Socioambiental (2024), Energias Renováveis (2024) pela Uninter, e Mestrado em Administração pela USCS (2017). Com vasta experiência profissional, atuou como Tecnólogo Mecânico em Governança Corporativa e Contratações na Sabesp S/A. Na área acadêmica, é Professor Universitário nos Centros Universitários Senac e Senai. Também é autor de livros técnicos pela Visual books.