



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

TOALDO, Lohan Rossini - SENAI¹

ARAÚJO, Jefferson Adriano Barbosa - SENAI²

VENDITTI, Marcus Vinicius dos Reis - SENAI³

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

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

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

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 qualiquantitativa. 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.

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. DESENVOLVIMENTO E/OU REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

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.

2.1 Metodologia

A pesquisa foi desenvolvida como estudo tecnológico aplicado, com abordagem qualitativa 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).

3. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DA PESQUISA E RESPECTIVA ANÁLISE

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.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

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.

5. 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/113146.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%20

[Direct%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.msdmanuals.com/pt/casa/dist%C3%BArbios-cerebrais-da-medula-espinhal-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>