

Projeto SARA: Sistema Auxiliar para Reabilitação de AVC'S

Maria Violeta S. da Trindade (IFPB, Campus João Pessoa), Vitória Celani S. Soares (IFPB, Campus João Pessoa), Dandara Eduarda T. F. F. da S. Lima (IFPB, Campus João Pessoa), Kesia Cristiane dos S. Farias (IFPB, Campus João Pessoa) Erik F. da Silva (IFPB, Campus João Pessoa).

E-mails: maria.violeta@academico.ifpb.edu.br, vitoria.celani@academico.ifpb.edu.br, dandara.eduarda@academico.ifpb.edu.br, kesia.farias@ifpb.edu.br, erik@ifpb.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.04.00.00-7 Engenharia Elétrica.

Palavras-chave: exoesqueleto; tecnologia de baixo custo; fisioterapia robótica; sensor flexível.

1. Introdução

De acordo com a Sociedade Brasileira de AVC, cerca de 70% dos sobreviventes de AVC não conseguem retomar as atividades laborais devido às sequelas, e metade deles dependem de outras pessoas para tarefas do dia a dia (MIRANDA, 2022). Uma das consequências comuns que provoca isso, é a paralisia espástica de um lado do corpo. Podendo causar déficits motores. Quando os membros superiores são acometidos, muitas vezes é observada rigidez e contração muscular dos dedos (VARGAS; RODRIGUES, 2022). A fisioterapia por meio de dispositivos robóticos tem se mostrado eficaz na reabilitação desses pacientes, favorecendo a reativação das células neuronais e a recuperação funcional das mãos. Contudo, o alto custo dos equipamentos limita o acesso à maioria dos pacientes (SINGH et al., 2021). Diante disso, este trabalho propõe o desenvolvimento de uma solução tecnológica, inovadora e de baixo custo para a reabilitação dos dedos da mão de pacientes hemiparéticos.

2. Materiais e métodos

2.1 Principais componentes

1) O Arduino Mega 2560 foi utilizado pela disponibilidade em laboratório, destacando-se pela grande quantidade de pinos e recursos, o que facilita o desenvolvimento de sistemas mais complexos. É programado pela Arduino IDE em linguagem baseada em C/C++ (SOUZA, 2014). 2) O sensor flexível, de 5,6 cm, mede a flexão dos dedos pela variação de sua resistência elétrica, que aumenta conforme o sensor é dobrado. Essa característica torna o sensor ideal para aplicações como luvas de reabilitação motora, pois identifica de forma precisa o ângulo de movimento (DAS, 2022). 3) Foi escolhido o servo motor MG90S por sua resistência, graças às engrenagens metálicas, e pela precisão nos movimentos que proporciona (GUSE, 2024).

O desenvolvimento do projeto se deu pelo suporte financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), conforme o Edital nº 32/2024 - PIBIC-EM, e pelo apoio do Grupo de Robótica Educacional Livre (GREL), do Instituto Federal da Paraíba *campus* João Pessoa, que forneceu material, equipamentos e espaço de trabalho. Sabendo que um dos objetivos principais do trabalho é utilizar materiais acessíveis, na Tabela 1 são expostos os materiais empregados e seus valores:

Tabela 1 – Despesas para o desenvolvimento do protótipo.

Quantidade	Material	Custo (R\$)
1	Filamento PLA 200g	18,00
5	Servo MG90s	20,00
5	Sensor flexível	37,00
1	Arduino Mega 2560	100,00
2	Cordame 100cm	0,80
2	Velcro (20mm) 10cm	1,00
1	Elástico (10mm) 100cm	1,00
1	Fita de tecido (20mm) 100cm	1,00
1	Luva tricotada	10,00

Fonte: Autoral, 2025.

2.2 Dispositivo atuador

A modelagem 3D do dispositivo foi dividida em duas partes principais: os exoesqueletos independentes para cada dedo e o suporte para motores, ambos desenvolvidos no *software* Onshape (Onshape, 2013). Os modelos dos dedos indicador, médio e anelar foram baseados em um mesmo projeto tridimensional devido às similaridades anatômicas, enquanto o dedo mínimo e o polegar receberam adaptações específicas conforme seu tamanho e número de falanges. O ajuste dos modelos foi feito a partir das medidas das falanges e do diâmetro dos dedos do usuário, para garantir encaixe e movimento naturais. Após projetar os exoesqueletos, foi desenvolvido o suporte de motores curvado, para mais conforto, capaz de acomodar cinco motores. Além disso, foram criados túneis internos para o encaminhamento dos fios e orifícios para facilitar a fixação ao exoesqueleto e ao braço com fitas de tecido, garantindo segurança e ajuste adequado.

Após imprimir todas as partes, os exoesqueletos foram acoplados ao suporte dos motores com fitas elásticas, e

faixas de tecido com velcro garantiram a fixação segura no pulso do usuário. Os servo motores MG90S foram instalados em seus encaixes, cada um equipado com uma peça personalizada para tracionar os fios de movimentação dos exoesqueletos. O resultado pode ser conferido na Figura 1. Para a comunicação entre os componentes, foi utilizado o Arduino Mega 2560, alimentado por uma bateria de 12 volts e um regulador step-down Mini 360, que mantém a tensão dos motores em 5 volts.

2.3 Luva de sensores

No aplicativo Web gratuito para projetos 3D, eletrônica e codificação Tinkercad (Tinkercad, 2025), foi possível simular um circuito eletrônico implementando os 5 sensores flexíveis e os 5 servos motores, além do microcontrolador, possibilitando fazer testes de hardware e programação.

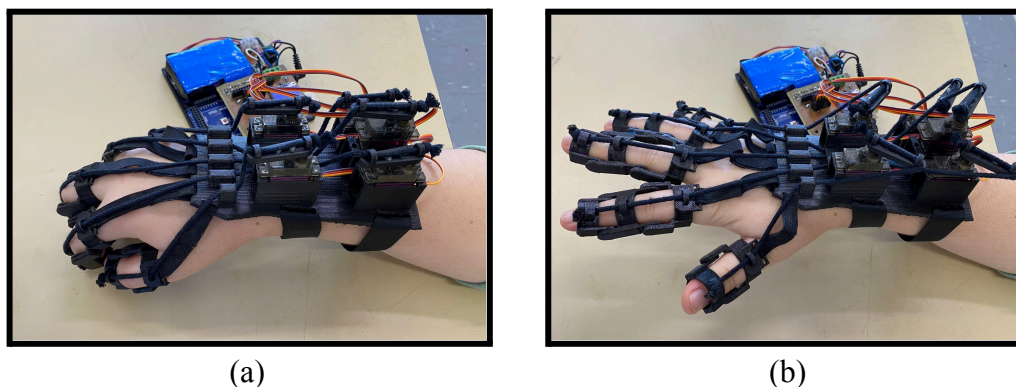
3. Resultados e discussão

Sobre os testes práticos, como ponto central do projeto, o dispositivo atuador foi testado de duas formas: de maneira automatizada, por meio da implementação de uma programação direta de movimentos, e, também, utilizando sensores flexíveis.

3.1 Funcionamento automatizado

O funcionamento automatizado sem sensores, mostrado na Figura 2, caracteriza-se pela escolha de velocidade, tempo e pausas durante os treinos, feita pelo fisioterapeuta ou usuário que está utilizando o sistema sozinho. Essas informações podem ser inseridas na programação, assim o dispositivo não necessita de controle por sensores.

Figura 2 – Sistema automatizado a) Flexão natural dos dedos; b) Extensão de dedos.

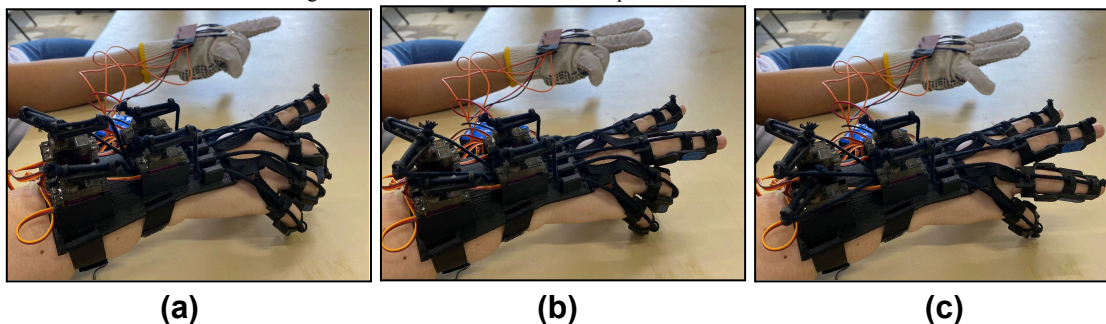


Fonte: Autoral, 2025.

3.2 Funcionamento controlado por sensores flexíveis

Sabendo que a luva de sensores ainda está em processo de finalização, fizemos os testes com apenas três sensores flexíveis - para os dedos indicador, médio e anelar, como pode ser observado na Figura 3.

Figura 3 – Funcionamento controlado por sensores individualmente.



Autor: Autoral, 2025.

4. Considerações finais

Neste trabalho foi desenvolvido um protótipo funcional de um dispositivo atuador para reabilitação motora dos dedos da mão, podendo ser controlado por uma luva de sensores flexíveis. Os resultados obtidos nos testes práticos foram bastante satisfatórios, validando a premissa de que é possível criar uma solução tecnológica eficaz e de baixo custo para um desafio de saúde pública tão crítico como as sequelas motoras pós-AVC.

A eficiência mecânica e eletrônica do sistema foi comprovada nos testes práticos, pela capacidade do dispositivo

atuar puxando e liberando os fios para promover a extensão e flexão dos dedos, conforme a velocidade programada ou o comando dos sensores. A modelagem 3D resultou em uma estrutura de exoesqueleto de ótima qualidade e ergonomia, adaptada para cada dedo e com um suporte de motores curvado que prioriza o conforto do usuário. Os circuitos elétricos foram feitos de forma organizada e eficiente, melhorando o visual do projeto e facilitando o manuseio.

A realização do projeto proporcionou às alunas uma experiência de aprendizado multidisciplinar, envolvendo saúde, eletrônica, mecânica e computação. Além disso, ressaltou a importância de iniciativas que promovem a integração entre diferentes áreas e oferecem soluções práticas para desafios reais da sociedade.

Agradecimentos

As autoras agradecem ao Grupo de Robótica Educacional Livre pelo apoio dos professores, pela disponibilização do laboratório e dos materiais, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo suporte financeiro.

Referências

AUTODESK. **Tinkercad**. Disponível em: <https://www.tinkercad.com/dashboard>. Acesso em: 26 maio 2025.

DAS, D. **How Does a Flex Sensor Work and how to Interface it with Arduino?** Disponível em: <https://circuitdigest.com/microcontroller-projects/interfacing-flex-sensor-with-arduino>. Acesso em: 31 mai. 2025.

GUSE, R. **Micro servo motor MG90S Tower Pro - MakerHero**. Disponível em: <https://www.makerhero.com/produto/micro-servo-mg90s-towerpro/>. Acesso em: 31 mai. 2025.

MIRANDA, M. **Acidente Vascular Cerebral**. Disponível em: <https://avc.org.br/pacientes/acidente-vascular-cerebral/>. Acesso em: 31 mai. 2025.

ONSHAPE. **Onshape | Product Development Platform**. Disponível em: <https://www.onshape.com/en/>. Acesso em: 26 maio 2025.

SINGH, N. et al. Evidence of neuroplasticity with robotic hand exoskeleton for post-stroke rehabilitation: a randomized controlled trial. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 18, n. 1, 6 maio 2021.

SOUZA, F. **Arduino MEGA 2560**. Disponível em: <https://embarcados.com.br/arduino-mega-2560/>. Acesso em: 31 mai. 2025.

VARGAS, I. M. P. DE; RODRIGUES, L. P. Correlação entre espasticidade do membro superior e movimentação da mão no pós-AVC. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 29, n. 1, p. 29–36, jan. 2022.