



SISTEMA AUXILIAR PARA REABILITAÇÃO DE AVC'S: CONCEPÇÃO DE DISPOSITIVO ATUADOR CONTROLADO POR LUVA DE SENSORES FLEXÍVEIS

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6292

Autores: KESIA CRISTIANE DOS SANTOS FARIAS, MARIA VIOLETA SOARES DA TRINDADE, VITORIA CELANI SANGUINETTI SOARES, DANDARA EDUARDA TORQUATO FERNANDES FONSECA DA SILVA LIMA, ELLEN NUNES AMÂNCIO, BRUNA CARVALHO DOS SANTOS, ERIK FARIAS DA SILVA

Resumo: O Acidente Vascular Cerebral representa um dos maiores desafios para a saúde pública, sendo a terceira principal causa de morte e incapacidade entre as doenças crônicas. Assim, este artigo descreve o desenvolvimento de um Sistema Auxiliar para Reabilitação de AVC. Considerando o crescimento da fisioterapia robótica em tratamentos de recuperação motora, o objetivo deste projeto foi desenvolver um dispositivo atuador baseado em um exoesqueleto para a mão, capaz de ser controlado pela programação de movimentos específicos ou por uma luva de sensores flexíveis. Um dos principais destaques da proposta é a utilização de materiais de baixo custo, tornando o produto uma alternativa mais acessível. O desenvolvimento do projeto proporcionou às estudantes uma aprendizagem interdisciplinar, incluindo saúde, eletrônica e programação. Além disso, evidenciou a importância de iniciativas que promovam a integração entre diferentes áreas da engenharia e ofereçam soluções para problemas da sociedade.

Palavras-chave: Exoesqueleto, Tecnologia de Baixo Custo, Reabilitação

SISTEMA AUXILIAR PARA REABILITAÇÃO DE AVC'S: CONCEPÇÃO DE DISPOSITIVO ATUADOR CONTROLADO POR LUVA DE SENSORES FLEXÍVEIS

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o *Global Burden of Disease* (GBD) 2021, o Acidente Vascular Cerebral (AVC) representa um grande desafio para a saúde pública mundial, ocupando a terceira posição quando se consideram mortes e incapacidades combinadas entre as doenças crônicas. Esses números refletem a gravidade do impacto do AVC tanto em termos de mortalidade quanto de perda de autonomia na população (Feigin *et al.*, 2024). Segundo dados da Sociedade Brasileira de AVC, cerca de 70% das pessoas, por causa de sequelas, não conseguem retornar ao trabalho após sofrer um AVC, e metade delas passam a depender de terceiros para realizar tarefas cotidianas (Miranda, 2022).

O AVC acontece quando há obstrução ou rompimento dos vasos sanguíneos no cérebro, prejudicando a função cerebral em determinadas áreas. Uma das sequelas possíveis é a paralisia espástica de um lado do corpo, que ocorre quando áreas do cérebro responsáveis pelo controle motor são afetadas (Guyton; Hall, 2011). Assim, é comum que pessoas que passaram por um AVC tenham hemiparesia (fraqueza parcial de um dos lados do corpo) e espasticidade (aumento anormal do tônus muscular) nos membros superiores, causando rigidez e contração muscular no cotovelo, punho e/ou dedos (Vargas; Rodrigues, 2022).

Existem formas de tratar esse quadro e uma delas é a fisioterapia. As técnicas de reabilitação por exercícios de repetição de movimentos têm eficácia para a recuperação da função de membros superiores, pois auxiliam na reativação das células neuronais (Huang *et al.*, 2022). Ademais, o uso de dispositivos robóticos estão se mostrando úteis durante a fisioterapia, pois permitem que os movimentos do paciente ocorram de maneira precisa e consistente. Porém, pelo custo elevado, poucos têm acesso (Singh *et al.*, 2021).

O propósito deste trabalho é desenvolver uma solução inovadora, tecnológica e de baixo custo, que seja eficaz na reabilitação motora dos dedos da mão de um paciente hemiparético, tornando-se mais acessível para os sobreviventes do Acidente Vascular Cerebral. Assim, o sistema consiste de um exoesqueleto capaz de controlar todos os dedos da mão. Implementou-se um suporte para cinco motores, possibilitando o controle independente de cada dedo. O grupo está atualmente em processo de desenvolvimento também de uma luva sensora para controlar o exoesqueleto (Santos; Amâncio, 2024).

Sabe-se que o conhecimento prático é muito importante, principalmente em áreas da engenharia ou semelhantes. As aulas práticas mostram-se como formadoras de consciência crítica, pois levam os alunos a entenderem os assuntos e suas aplicações no mundo (Prestes; Rodrigues, 2016). Nesse sentido, o desenvolvimento do Sistema Auxiliar para Reabilitação de AVC's (SARA) proporcionou o aprimoramento de diversas competências técnicas, como a elaboração de placas de circuito, modelagem 3D, programação, além da redação de relatórios detalhados. Paralelamente, estimulou habilidades como o trabalho em equipe, empatia, comunicação e pensamento crítico. Ao propor uma solução tecnológica de baixo custo, aponta-se para a possibilidade de ampliar o acesso à reabilitação motora, principalmente para pessoas em situação de vulnerabilidade. No entanto, sua viabilização

depende de estudos adicionais e testes clínicos, para assegurar a eficácia de sua implementação em maior escala. Assim, o projeto ressalta o papel da engenharia aplicada à promoção da saúde e ao atendimento das necessidades sociais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Reabilitação robótica

O AVC frequentemente causa hemiparesia, fraqueza parcial em um dos lados do corpo, e afeta os membros superiores, incluindo os dedos, limitando as atividades diárias. A fisioterapia robótica, com exoesqueletos, auxilia ao oferecer treinamento repetitivo, preciso e coordenado. Esses dispositivos sincronizam movimentos complexos, como a extensão dos dedos, essenciais para a mão. A capacidade de repetição intensiva é crucial para induzir a neuroplasticidade, permitindo que o cérebro se reorganize. Assim, a terapia robótica leva a melhorias na excitabilidade cortical e na função motora fina (Singh *et al.*, 2021).

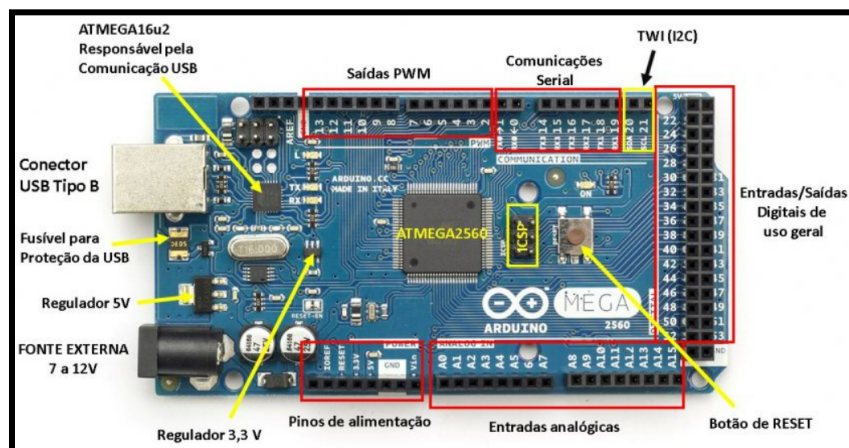
A metanálise de Huang *et al.* (2022) corrobora que a reabilitação assistida por robôs é eficaz para o membro superior, contribuindo para ganhos de funcionalidade e mobilidade em pessoas com sequelas de AVC.

2.2 Arduino Mega 2560

O Arduino é uma placa de prototipagem eletrônica popular em projetos eletrônicos devido à sua facilidade de uso, baixo custo e versatilidade. Sendo programável, permite tanto a leitura de sensores quanto o acionamento de atuadores e cargas externas. É possível desenvolver desde sistemas simples até aplicações mais complexas, tornando o Arduino uma escolha interessante para os estudantes e profissionais das áreas da engenharia (Lousada, 2020).

A placa escolhida para o projeto foi o Arduino Mega 2560, devido a sua disponibilidade no laboratório. Já está em desenvolvimento uma versão em que o Arduino Mega foi substituído por um Arduino Nano, tornando o protótipo ainda mais acessível e compacto. A programação foi realizada utilizando a IDE do Arduino, utilizando uma linguagem baseada em C/C++. O microcontrolador do Arduino Mega 2560 é o ATmega2560 que possui 54 pinos digitais (sendo 15 PWM), 16 entradas analógicas e 4 portas seriais, conforme ilustrado na Figura 1 (Souza, 2014). Observa-se que o Arduino Mega dispõe de mais recursos do que os necessários para o controle do exoesqueleto, de modo que sua posterior substituição poderá ser realizada com facilidade.

Figura 1 – Recursos do Arduino Mega.

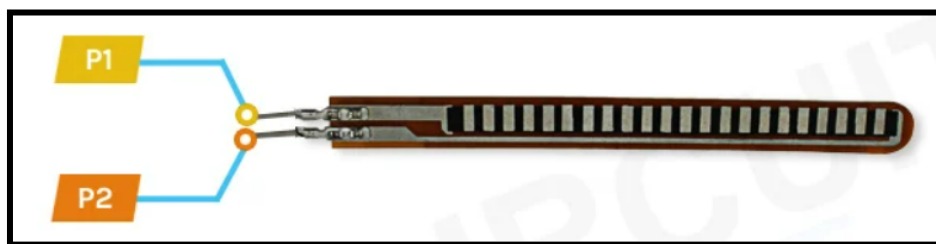


Fonte: Souza, 2014.

2.3 Sensor flexível

O sensor flexível é desenvolvido com materiais maleáveis, possibilitando sua curvatura. Pode ser encontrado em diversas formas e tamanhos, o que facilita sua aplicação de acordo com as necessidades do projeto. Por se tratar de um sensor resistivo, ele identifica o grau de flexão por meio da variação de sua resistência elétrica, que aumenta proporcionalmente à quantidade de graus em que o sensor é dobrado, atingindo seu valor máximo ao alcançar 90 graus de flexão (Das, 2022). Na Figura 2, é possível observar um exemplo de sensor flexível, para a aplicação da luva controladora foi escolhido o sensor flexível com comprimento de 5,6 cm.

Figura 2 – Sensor flexível.



Fonte: Das, 2022.

2.4 Servo motor MG90S

O servo motor é um motor que converte energia elétrica em movimento mecânico, ele utiliza um sistema de realimentação, onde o controlador recebe um sinal de *Pulse Width Modulation* (PWM) com a posição desejada e compara com a posição atual, fazendo ajustes constantes para garantir precisão no movimento do eixo (Guse, 2024). O torque disponível na saída do servomotor é resultado da combinação entre o motor interno e o conjunto de engrenagens redutoras, que podem ser metálicas ou plásticas. Essas engrenagens não apenas reduzem a velocidade, mas também aumentam o torque transmitido ao eixo de saída. A Figura 3 ilustra o servomotor MG90S que utiliza engrenagens de metal, sendo assim mais resistente do que os micro-servos de engrenagem plástica. Essa escolha foi necessária para que o sistema tivesse uma maior durabilidade, considerando o contexto de aplicação a que o equipamento se propõe.

Figura 3 – Servo motor MG90S.



Fonte: Guse, 2024.

3 PROTÓTIPO DESENVOLVIDO

O protótipo desenvolvido neste projeto é fundamentado na utilização de um dispositivo atuador para a mão afetada, aliado a uma luva equipada com sensores responsáveis pelo controle dos movimentos do mecanismo. O desenvolvimento do projeto se deu com 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.

Um dos principais objetivos do projeto é proporcionar uma alternativa acessível, priorizando a utilização de materiais eficientes e de baixo custo, permitindo que mais pessoas possam se beneficiar desse tipo de tecnologia assistiva. Na Tabela 1, pode-se observar o valor total das despesas para a elaboração do projeto.

O custo total do protótipo do sistema foi de R\$ 419,00, faz-se necessário entretanto considerar que o arduino mega será substituído por um Arduino nano que custa cerca de R\$ 20,00 e que o grupo está em processo de desenvolvimento dos sensores flexíveis que custarão cerca de R\$ 5,00 cada um. Assim sendo, na continuidade desta pesquisa o protótipo deve ter seu valor reduzido a R\$ 178,00 em sua próxima versão.

Tabela 1 - Despesas para o desenvolvimento do protótipo.

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

Fonte: Autoral, 2025.

3.1 Dispositivo atuador

O dispositivo atuador representa um elemento crítico no processo de reabilitação motora, uma vez que atua diretamente sobre a mão afetada, promovendo os movimentos necessários à recuperação funcional. É essencial que sua estrutura priorize o conforto ergonômico, a durabilidade dos materiais e a eficiência mecânica do sistema. Assim, foi adotada uma abordagem construtiva baseada em impressão 3D, que permite personalização estrutural conforme as características anatômicas do paciente. O mecanismo de atuação escolhido foi o de tração por fios, devido à sua simplicidade de controle e capacidade de replicar com precisão os movimentos naturais dos dedos.

Modelagem 3D do exoesqueleto

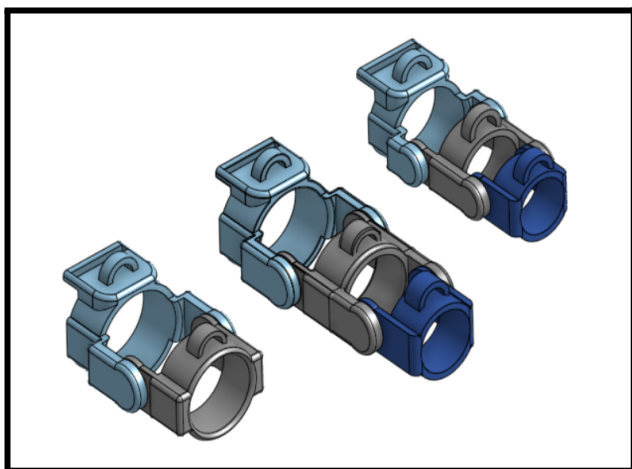
O modelo do dispositivo atuador foi concebido em duas partes principais: o exoesqueleto dos dedos (independentes) e o suporte dos motores. Utilizou-se o *software Onshape*, uma ferramenta de modelagem 3D de acesso gratuito que oferece bom acabamento e resultados profissionais. Amplamente utilizada na engenharia para modelagem, permite acesso pelo navegador, sem necessidade de instalação (Onshape, 2013).

Com base no modelo de exoesqueleto do dedo indicador produzido por Santos e Amâncio (2024), foram feitas adaptações e aprimoramentos. Como o dedo indicador, médio e anelar possuem estrutura anatômica semelhante (três falanges e dimensões próximas), foi possível replicar um mesmo modelo base para esses três dedos. Para o dedo mínimo, as peças foram proporcionalmente reduzidas devido ao seu tamanho menor, incluindo largura dos extensores laterais e dos anéis. O polegar, com apenas duas falanges, precisou de um projeto diferente, com apenas dois anéis em sua estrutura. A Figura 4 (a) apresenta os modelos 3D dos dedos centrais, do dedo polegar e do dedo mínimo.

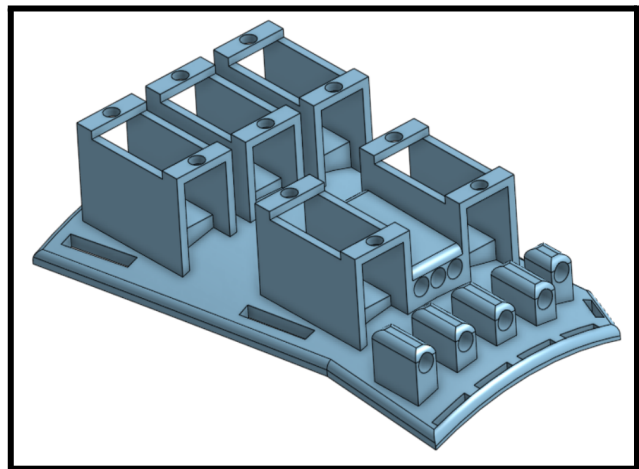
O dimensionamento dos modelos 3D deve ser realizado com base nas medidas aproximadas do comprimento das falanges e do diâmetro dos dedos do usuário. Esse cuidado garante que as articulações do dedo fiquem alinhadas com os pontos de encaixe do exoesqueleto, possibilitando que a flexão dos dedos ocorra de forma natural e fluida.

Após a modelagem dos exoesqueletos, iniciou-se o desenvolvimento do suporte para os motores. Na primeira versão, utilizou-se apenas um motor instalado em uma base completamente plana. Embora funcional, essa solução não oferecia o conforto adequado. Em seguida, foi projetado um novo suporte capaz de acomodar cinco servo motores, com a base de contato adaptada ao formato do pulso, tornando-se curvada para maior ergonomia, apresentado na Figura 4 (b).

Figura 4 – a) Modelo 3D dos exoesqueletos dos dedos centrais, do dedo polegar e do dedo mínimo; b) Modelo 3D do suporte de motores.



(a)



(b)

Fonte: Desenvolvimento autoral no Onshape, 2025.

Para organizar o trajeto dos fios e evitar interferências com outras partes do suporte, foram incorporados túneis cilíndricos, permitindo o encaminhamento seguro e ordenado dos cabos. Além disso, o suporte apresenta orifícios frontais para acoplamento aos exoesqueletos dos dedos e orifícios laterais projetados para a fixação de faixas com velcro, garantindo um ajuste firme ao pulso do usuário.

Impressão e instalação dos motores

Com a etapa de modelagem concluída, o próximo passo consistiu na impressão da estrutura desenvolvida. Empregou-se a Impressora 3D *Creality Ender-3 V3 Ke*, disponibilizada pelo Grupo de Robótica Educacional Livre do IFPB - GREL. A impressão 3D ocorre por um processo denominado deposição de filamento, nesse processo o modelo 3D é

“fatiado” com cada fatia correspondendo ao corte bidimensional do modelo na altura em questão. O processo de fatiamento foi realizado com o *software* Creality Print, um fatiador utilizado para preparar modelos 3D para impressão, que oferece interface simples e integração facilitada com impressoras da Creality, tornando o processo de fatiamento mais eficiente (Creality Print, 2022).

A seleção do material adequado levou em conta tanto a disponibilidade no laboratório quanto os requisitos de resistência do protótipo. Assim, o ácido polilático (PLA), que apresenta maior facilidade de impressão e a resistência necessária para os fins do projeto, mostrou-se como o mais adequado. Para o fatiamento do modelo do exoesqueleto dos dedos e suporte de motores, foram adicionadas as configurações de suporte apresentadas na Tabela 2:

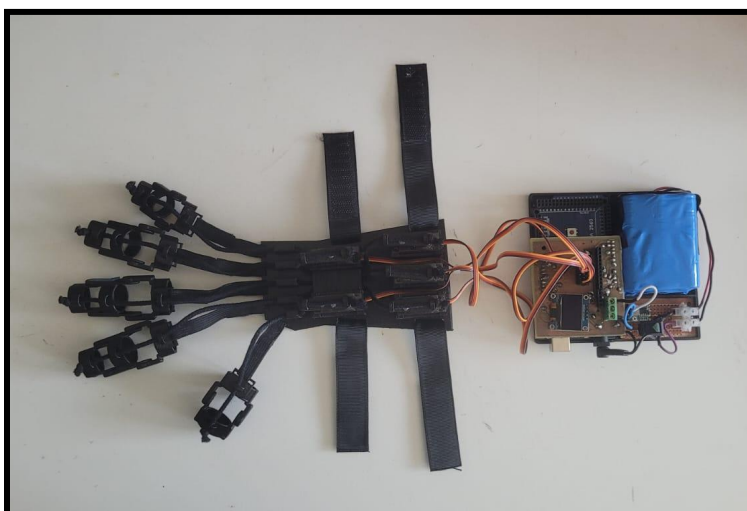
Tabela 2 - Configuração de suporte para os exoesqueletos e suporte de motores.

Propriedade	Especificação
Ativar suporte	Ligado
Tipo	Normal (manual)
Distância Z superior	0,2 mm
Espaçamento do padrão de base	4 mm
Distância xy entre suporte e objeto	0,4 mm

Fonte: Autoral, 2025.

Após a impressão de todas as partes, fitas elásticas foram utilizadas para acoplar os exoesqueletos ao suporte dos motores. Além disso, foram confeccionadas faixas de tecido com velcro para garantir a fixação segura do dispositivo atuador ao pulso do usuário. Conforme apresentado na Figura 5, os servo motores MG90S foram instalados nos seus respectivos encaixes, cada um equipado com uma peça customizada responsável por tracionar o fio de acionamento dos exoesqueletos.

Figura 5 – Resultado final do dispositivo atuador.



Fonte: Autoral, 2025.

Finalizando a estrutura do dispositivo atuador, para a comunicação entre os componentes, foi conectado o Arduino Mega 2560, e a alimentação dele e dos servo motores foi realizada por uma bateria de 12 volts, em conjunto com um regulador de tensão *step-down* Mini 360, para manter a tensão dos motores em 5 volts.

3.2 Luva de sensores

Circuito elétrico

O circuito elétrico utilizado neste projeto é baseado em um divisor de tensão, no qual o sensor flexível resistivo atua como um dos elementos variáveis do sistema. Essa combinação permite converter as variações de resistência do sensor, decorrentes da flexão dos dedos, em sinais de tensão que podem ser lidos por um microcontrolador. O funcionamento básico do circuito baseia-se em um divisor de tensão resistivo, convertendo as variações de resistência em valores de tensão.

A equação que rege o comportamento do divisor de tensão é dada Equação 1 (Boylestad, 2012):

$$V_{out} = V_{in} \frac{R_{flex}}{R_{fixo} + R_{flex}} \quad (1)$$

em que,

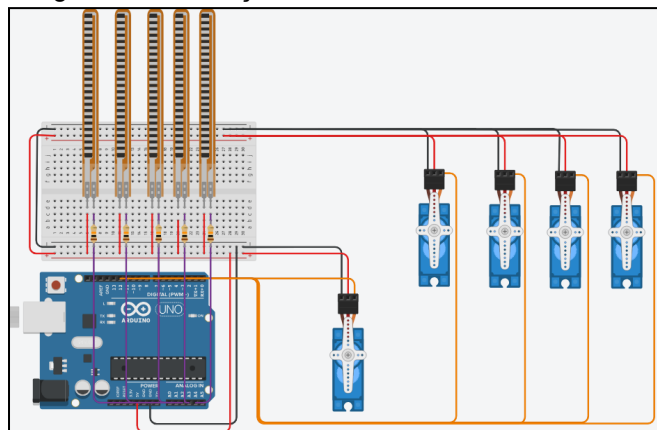
- V_{out} é a tensão de saída lida pelo microcontrolador;
- V_{in} é a tensão de alimentação do circuito;
- R_{flex} é a resistência variável do sensor flexível;
- R_{fixo} é o resistor de valor constante em série com o sensor.

Neste projeto, os sensores flexíveis resistivos estão inicialmente em flexão, simulando a rigidez dos dedos pós-AVC, apresentando alta resistência elétrica e, conseqüentemente, maior tensão no divisor de tensão. À medida que os sensores se esticam, a resistência diminui, reduzindo proporcionalmente a tensão de saída. Essa variação é captada pelas entradas analógicas do microcontrolador (Arduino), que converte os sinais para controle dos atuadores responsáveis pela movimentação dos dedos.

Simulação do sistema

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, conforme ilustrado na Figura 6.

Figura 6 – Simulação do circuito da luva de sensores.

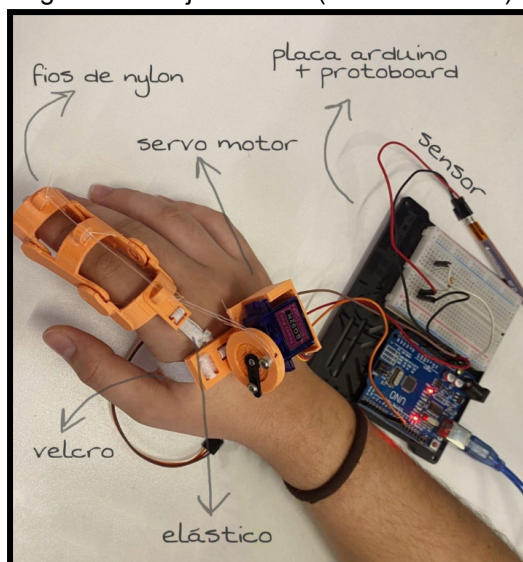


Fonte: Desenvolvimento autoral no Tinkercad, 2025.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

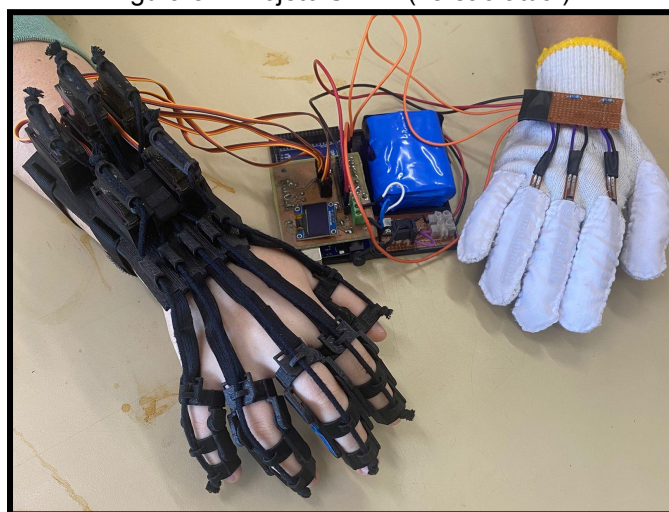
Considerando que este trabalho dá continuidade a um projeto pré-existente, um dos fatores mais importantes foi a identificação e a análise da evolução alcançada com o presente projeto (Figura 8) em relação à versão anterior (Figura 7).

Figura 7 – Projeto SARA (versão anterior).



Fonte: Santos; Amâncio, 2024.

Figura 8 – Projeto SARA (versão atual).



Fonte: Autoral, 2025.

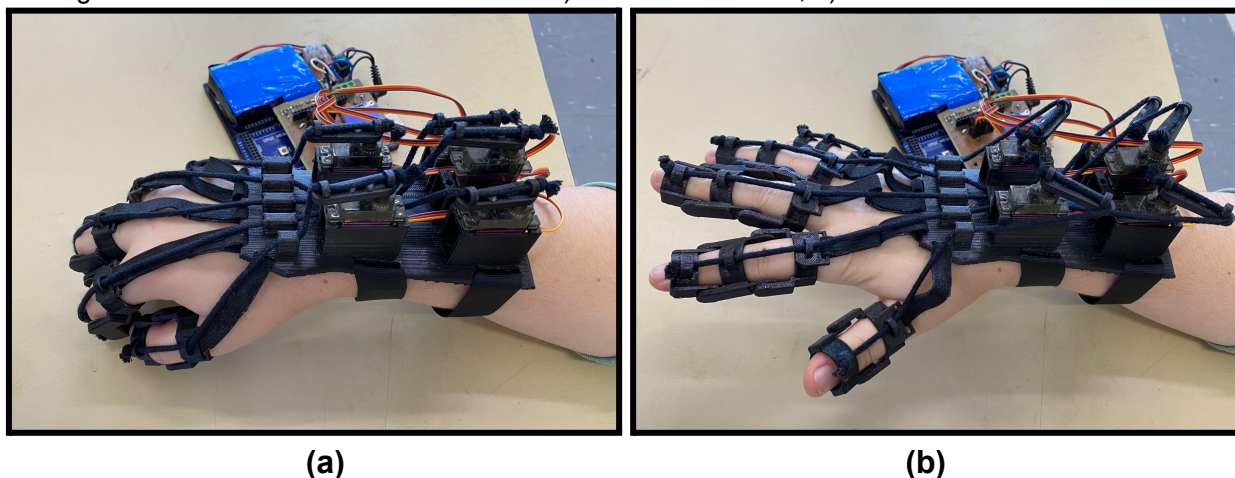
Como meta para trabalhos futuros, Santos e Amâncio (2024) relataram a necessidade de aprimorar o design e funcionalidades do sistema, a partir desse relato iniciamos as etapas de execução. O protótipo anterior contava com o exoesqueleto do dedo indicador e um suporte para um servo motor. Na atual versão, foram desenvolvidos exoesqueletos para todos os dedos da mão, com aprimoramentos no modelo e melhor acabamento. Além disso, o suporte foi redesenhado, tornando-se mais estável e capaz de acomodar cinco servo motores. Também substituímos os fios de nylon por cordames, o que melhorou o sistema de tração e deixou um aspecto mais estético ao dispositivo.

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.

4.1 Funcionamento automatizado

O funcionamento automatizado sem sensores 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. A Figura 9 demonstra o desempenho do protótipo nesta configuração.

Figura 9 – Funcionamento automatizado: a) Dedos flexionados; b) Dedos totalmente estendidos.



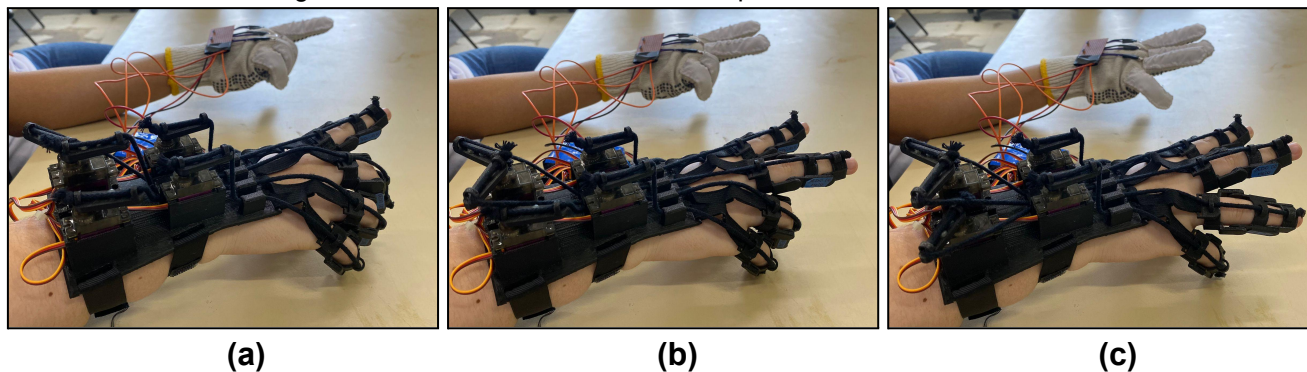
Fonte: Autoral, 2025.

O dispositivo atuador puxou os fios para provocar a extensão dos dedos e liberou os fios de acordo com a velocidade programada. Comprovando sua funcionalidade.

4.2 Funcionamento controlado por sensores

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. Conforme é observado na Figura 10, a comunicação entre os sensores e o dispositivo atuador funcionou - movendo os dedos apenas quando acionado pelos sensores.

Figura 10 – Funcionamento controlado por sensores individualmente.



Fonte: Autoral, 2025.

Nesta configuração de funcionamento, a luva de sensores estará na mão do fisioterapeuta ou na mão não afetada do usuário.

5 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. Dessa forma, os próximos passos do projeto incluem a finalização da luva de sensores, para que tenhamos os 5 exoesqueletos do dispositivo atuador sendo controlados por sensores flexíveis, e a implementação de comunicação sem fio entre o dispositivo atuador e a luva de sensores, com a utilização de módulos bluetooth.

Além de seus méritos técnicos, este trabalho reforça o papel social da engenharia como agente transformador da realidade. Ao possibilitar o desenvolvimento de soluções tecnológicas acessíveis para problemas reais de saúde pública, como as sequelas motoras de um AVC, o projeto evidencia como a formação em engenharia deve ir além do domínio técnico e incorporar um compromisso com o bem-estar social. O ambiente educacional em que este projeto foi concebido estimula a interdisciplinaridade, a criatividade e a consciência social, permitindo que estudantes compreendam o impacto direto de seu conhecimento na vida das pessoas. A união entre ensino, pesquisa aplicada e responsabilidade social é um caminho estratégico para a formação de engenheiras e engenheiros mais humanos, éticos e preparados para contribuir com o desenvolvimento científico e tecnológico do país.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao Grupo de Robótica Educacional Livre pelo apoio dos professores, pela disponibilização do laboratório e dos materiais, ao IFPB campus João Pessoa pelo suporte estrutural ao projeto e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo suporte financeiro com bolsas de PIBIC-EM.

REFERÊNCIAS

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

BOYLESTAD, R. L. **Introdução à Análise de Circuitos**. 12. ed. São Paulo: Pearson Education Do Brasil, 2012. p. 128.

CREALITY. **Creality Print, 2022**. Disponível em: <https://www.creality.com/pages/creality-print-software>. Acesso em: 26 maio 2025.

CREALITY. **Impressora 3d Creality Ender-3 V3 Ke - 1201020473**. Disponível em: <https://www.crealitystore.com.br/impressora-3d-creality-ender-3-v3-ke-1201020473>. 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.

FEIGIN, V. L. et al. World Stroke Organization (WSO): Global Stroke Fact Sheet 2025. **International Journal of Stroke**, v. 20, n. 2, 5 dez. 2024.

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.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado De Fisiologia Médica**. 12. ed. Rio De Janeiro: Elsevier, 2011. p. 788.

HUANG, J. et al. Effects of physical therapy-based rehabilitation on recovery of upper limb motor function after stroke in adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. **Annals of Palliative Medicine**, v. 11, n. 2, p. 521–531, fev. 2022.

LOUSADA, R. **O que é Arduino: Para que serve, vantagens e como utilizar**. Disponível em: <https://blog.eletrogate.com/o-que-e-arduino-para-que-serve-vantagens-e-como-utilizar/>. 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.

PRESTES, E.; RODRIGUES, L. M. LEVANTAMENTO SOBRE A IMPORTÂNCIA DE AULAS PRÁTICAS PARA O ENSINO SUPERIOR DE ENGENHARIA. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 8, n. 1, 2016.

SANTOS, B. C. DOS; AMÂNCIO, E. N. **PROJETO SARA: SISTEMA AUXILIAR PARA REABILITAÇÃO DE AVC'S**. Trabalho de Conclusão de Curso Técnico Integrado em Eletrônica — Instituto Federal da Paraíba — João Pessoa, 2024.

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.

AUXILIARY SYSTEM FOR STROKE REHABILITATION: DESIGN OF AN ACTUATOR DEVICE CONTROLLED BY A FLEXIBLE SENSORS GLOVE

Abstract: *Stroke represents one of the greatest challenges for global public health, being the third leading cause of death and disability among chronic diseases. Therefore, this article describes the development of an Auxiliary System for Stroke Rehabilitation. Considering the growth of robotic physiotherapy in motor recovery treatments, the purpose of this project was to develop an actuator device based on a hand exoskeleton, capable of being controlled by specific movement programming or by a flex sensors glove. One of the main highlights of the proposal is the use of low-cost materials, making the product a more accessible alternative. The project results were satisfactory: the exoskeleton structure proved efficiency, and the system operated as planned. The development of the project provided students with interdisciplinary learning, including health, electronics, mechanics, and computing. Additionally, it demonstrated the importance of initiatives that promote integration between different fields of engineering and offer practical solutions to real-world problems.*

Keywords: *Exoskeleton, Low-Cost Technology, Rehabilitation, Stroke, Flex Sensor.*

