Anais do Congresso Brasileiro de Iniciação Científica
(https://periodicos.unisanta.br/COB)

ISSN 2317-1316

DESENVOLVIMENTO DE UMA MÃO ROBÓTICA CONTROLADA POR VISÃO COMPUTACIONAL PARA APLICAÇÕES ASSISTIVAS

DEVELOPMENT OF A ROBOTIC HAND CONTROLLED BY COMPUTER VISION FOR ASSISTIVE APPLICATIONS

Yasmim Rayane da Silva Nonato, Bruno Garcia Carvalho, Sarah Sousa de Oliveira Nascimento, Pedro Corrêa Marins, Gabriel Melo dos Santos Dias, João Pedro do Amaral Frias Machado, Higor Hamon Rodrigues Santana, Michele Rodrigues Hempel Lima, Kelly Cristina Abou Arabi de Mendonça, Yuri Silva Cruz Storino

Universidade Santa Cecília, Faculdade de Engenharia, Curso de Engenharia da Computação
E-mail para contato: silva.yasmimray@gmail.com; brunogarciacarvalho@gmail.com; sarah.sousa3009@gmail.com; pedrocorreamarins@gmail.com.

RESUMO – Este artigo apresenta o desenvolvimento de uma mão robótica controlada por visão computacional, com finalidade educacional e potencial aplicação assistiva. O protótipo integrou estrutura em MDF e PLA, elásticos, cinco servomotores, Arduino e software em Python com a biblioteca MediaPipe para rastreamento da mão humana. Os testes demonstrativos indicaram funcionamento estável, acionamento individual dos dedos e reprodução dos gestos capturados por webcam, evidenciando a viabilidade da integração entre robótica, eletrônica embarcada e inteligência artificial em uma solução acessível.

Palavras-chave: Mão robótica; Visão computacional; Arduino; MediaPipe; Tecnologia assistiva.

ABSTRACT – This paper presents the development of a robotic hand controlled by computer vision for educational purposes and potential assistive applications. The prototype integrated an MDF and PLA structure, elastic cords, five servomotors, Arduino and Python software using the MediaPipe library for human-hand tracking. Demonstration tests indicated stable operation, individual finger actuation and reproduction of gestures captured by webcam, highlighting the feasibility of integrating robotics, embedded electronics and artificial intelligence into an accessible solution.

Keywords: Robotic hand; Computer vision; Arduino; MediaPipe; Assistive technology.

ISSN 2317-1316

1 INTRODUÇÃO

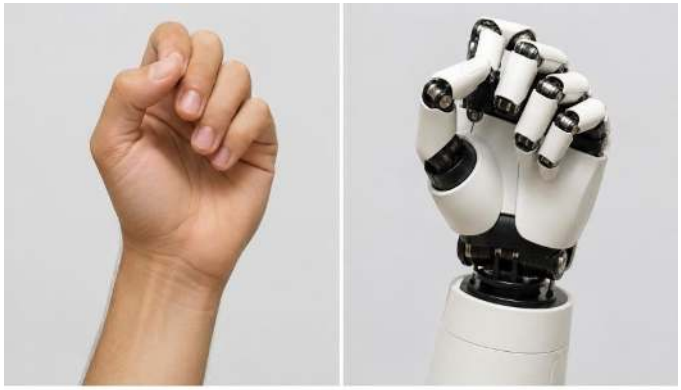
A visão computacional é uma ciência e o elemento central da interação entre o usuário e a máquina, sendo responsável pela forma como o computador é capaz de perceber, analisar e interagir com o meio (Milano e Honorato, 2010). A partir da captura de imagem por *webcam*, a máquina se torna capaz de identificar e processar dados sobre os objetos que compõem a imagem; simultaneamente, o sistema identifica pontos anatômicos da mão, interpreta a posição dos dedos e converte essas informações visuais em comandos de acionamento mecânico. O uso de tecnologias digitais em contextos de inovação também contribui para ampliar possibilidades de desenvolvimento aplicado e tecnológico (Goebel et al., 2023).

A arquitetura da mão robótica está ligada ao estudo de próteses, dispositivos de reabilitação, interfaces homem-máquina e soluções de apoio a pessoas com limitações motoras nos membros superiores, sendo capaz de reproduzir movimentos da mão humana através de algoritmos de rastreamento em Python utilizando a biblioteca MediaPipe, um circuito eletrônico estruturado com Arduino e servomotores, devido ao sistema mecânico de tração dos dedos. Adicionalmente, conceitos de automação e inteligência artificial podem ser materializados por meio de componentes acessíveis, favorecendo o pensamento computacional (Rosa, 2019; USP, 2016).

O princípio do sistema consiste em captar a imagem da mão humana, interpretar a posição dos dedos no espaço através de vetores e reproduzir o gesto em uma estrutura robótica por sinais elétricos e resposta mecânica (Figura 1). Isso possibilita uma interação mais natural e sem necessidade de sensores físicos presos à mão do usuário, o que torna a solução mais adequada para desenvolvimentos na área da robótica, visão computacional, inteligência artificial e tecnologias assistivas.

ISSN 2317-1316

Figura 1: Comparação entre o gesto realizado pela mão humana e o movimento reproduzido por uma mão robótica, evidenciando o princípio de espelhamento por visão computacional.



2 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida como desenvolvimento experimental de um protótipo robótico. O sistema foi organizado em três frentes principais: estrutura mecânica, circuito eletrônico e *software* de visão computacional. A solução mecânica foi baseada em arquiteturas robóticas acionadas por tendões, nas quais servomotores aplicam tração para movimentar partes articuladas (Marinho, 2009).

A estrutura física do protótipo foi montada em uma base de MDF 3mm, corte realizado no laboratório InovaFabLab da Universidade Santa Cecília, para ser a sustentação do conjunto e o encapsulamento da placa eletrônica; ainda, uma mão com tendões móveis nos dedos em PLA impresso na impressora 3D do laboratório InovaFabLab. Para a união dessas duas partes, realizaram-se testes de fixação, em que o adesivo instantâneo (cianoacrilato) e o adesivo termoplástico (cola quente) não possuíram resistência suficiente para suportar a força gerada pela tração dos servomotores. A solução adotada consistiu no uso de resina epóxi, garantindo a rigidez estrutural e a estabilidade necessárias para o funcionamento do protótipo.

Em relação ao mecanismo de atuação, o projeto original previa o uso de fios de nylon para simular os tendões. Contudo, testes práticos revelaram que o nylon reduzia a eficiência

ISSN 2317-1316

mecânica e limitava a fluidez da articulação dos dedos. Para solucionar esse problema, os fios foram substituídos por elásticos roliços de costura. Essa alteração proporcionou melhor resposta mecânica e maleabilidade, otimizando tanto a tração quanto o retorno dos dedos à posição de repouso. Essa configuração final foi adotada por reunir baixo custo, facilidade de montagem e confiabilidade durante os testes.

Na etapa eletrônica, o controle do protótipo foi realizado por uma placa Arduino conectada a cinco servomotores, um para cada dedo. Para reduzir falhas de contato e aumentar a estabilidade física do circuito, as conexões finais foram soldadas em placa de cobre de fibra de vidro, substituindo a montagem provisória em *protoboard* durante os testes. O Arduino ficou responsável por receber comandos por comunicação serial e gerar sinais PWM para posicionamento dos servomotores.

No aspecto computacional, o *script* em Python para captura e processamento do fluxo de vídeo foi desenvolvido tendo como base o código disponibilizado no repositório GitHub *mao-robotica-mediapipe* (Souza, 2024), apresentado e detalhado no canal do YouTube *Dev Ideias* (Dev Ideias, 2024). A partir desse projeto base, houve alterações no código original, incluindo o ajuste dos ângulos de acionamento dos servomotores e demais modificações lógicas necessárias para a correta integração com o *hardware* deste protótipo, conforme apresentado na Tabela 1.

Comentado [YN1]: @Kelly Arabi por gentileza verificar essa parte que a gente menciona o dev ideas pra referenciar o projeto original

Comentado [KA2R1]: está otimo, apenas ajustar a grafia da citação para MAIÚSCULAS, como comentário anterior

Tabela 1. Componentes empregados no desenvolvimento do protótipo

Componente	Função no sistema	Material/Tecnologia	Observação
Webcam	Captura da mão humana em tempo real	Câmera de vídeo	Entrada visual do sistema
Python e MediaPipe	Processamento de vídeo e rastreamento dos pontos da mão	*Software* de visão computacional	Conversão de gesto em dados
Arduino	Interpretação dos dados seriais e geração dos sinais PWM	Unidade de controle eletrônico	Interface entre *software* e atuadores
Servomotores	Movimentação independente dos dedos	Atuadores mecânicos	Acionamento por tração
Impressão 3D em PLA	Estrutura da mão, incluindo a palma e os cinco dedos	Material de baixo custo e impressão realizada no laboratório da universidade	Mecânica de baixa complexidade

ISSN 2317-1316

MDF	Estrutura do suporte, encapsulamento para a placa eletrônica	Material de baixo custo e corte realizado no laboratório da universidade	Garante a estabilidade física do protótipo e protege as conexões da placa eletrônica
Elástico roliço e fios de nylon	Movimentação dos dedos ao serem conectados aos servomotores	Sistema de tendões artificiais	Ensaios empíricos confirmaram que os elásticos otimizam a tração, o retorno e a fluidez mecânica dos dedos em relação ao nylon
Resina epóxi	Fixação da mão em PLA à base de MDF	Adesivo estrutural	Garante maior resistência mecânica em relação à cola quente e cianoacrilato

A biblioteca MediaPipe foi utilizada em conjunto com esse código-base para rastrear pontos de referência da mão, como articulações, falanges, extremidades dos dedos e região do punho. A posição relativa desses pontos foi convertida em vetores matemáticos e enviados ao Arduino, permitindo a associação entre gesto humano e movimento mecânico, tendo em vista que esse valor numérico foi convertido para os sinais elétricos e ângulos enviados aos servomotores em tempo de execução.

A visão computacional emprega a transformação dos *pixels* da imagem capturada pela *webcam*, mantendo o controle do posicionamento dos dedos e buscando replicar os movimentos humanos.

A arquitetura geral do sistema sintetiza o fluxo de informações desde a captura da imagem até a movimentação dos dedos artificiais (Figura 2). A cada quadro de vídeo, o sistema realiza a detecção da mão, calcula a posição relativa dos dedos, envia os comandos ao microcontrolador e atualiza a posição dos servomotores. O fluxograma sintetiza essa sequência operacional (Figura 3).

ISSN 2317-1316

Figura 2: Arquitetura geral do sistema de controle da mão robótica, demonstrando o fluxo de informações da captura da imagem ao acionamento dos dedos.



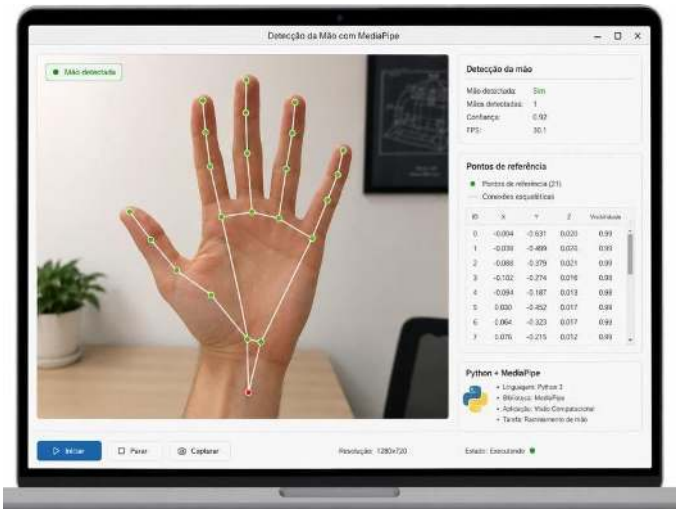
Figura 3: Fluxograma de funcionamento do sistema de controle da mão robótica por visão computacional.



A interface computacional mostra a detecção dos pontos de referência da mão e informações de acompanhamento do rastreamento (Figura 4). Essa visualização foi utilizada durante os testes para verificar se o posicionamento dos dedos estava sendo interpretado corretamente antes do envio dos comandos ao sistema físico.

ISSN 2317-1316

Figura 4: Interface de detecção da mão humana por visão computacional, utilizando Python e MediaPipe para identificação dos pontos de referência.

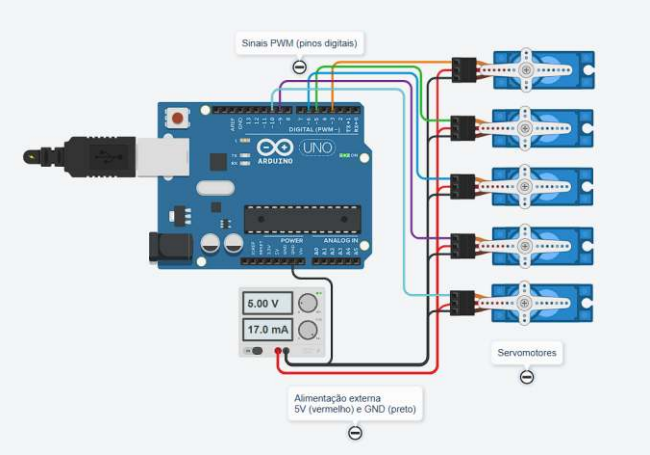


Cada servomotor recebeu o sinal PWM, responsável por controlar o ângulo, de diferentes portas lógicas do Arduino no circuito projetado.

A arquitetura de microcontroladores como o Arduino suporta uma corrente máxima de 40 mA por porta de sinal e um limite de segurança em torno de 500 mA a 800 mA no pino de alimentação de 5 V. O protótipo utiliza servomotores do modelo SG90 que, embora consumam de 100 mA a 250 mA em movimento livre, podem atingir picos de corrente de travamento (*stall current*) entre 500 mA e 750 mA ao tracionar a tensão mecânica dos elásticos. Alimentar cinco unidades simultaneamente poderia gerar picos de consumo superiores a 2,5 A, o que ultrapassaria a capacidade do regulador de tensão interno dele, provocando quedas de tensão e/ou danos físicos aos componentes. Portanto, a alimentação de potência dos atuadores foi projetada isoladamente por meio de uma fonte externa dedicada de 5 V. O pino GND dessa fonte foi mantido conectado ao GND do Arduino, estabelecendo a referência elétrica comum necessária para o fechamento do circuito e a correta interpretação dos sinais enviados (Figura 5).

ISSN 2317-1316

Figura 5: Diagrama de conexão entre o Arduino e os servomotores, destacando os sinais PWM de controle e a alimentação elétrica externa dos servomotores.



3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A implementação do *script* ao microcontrolador no circuito resultou em uma mão robótica capaz de espelhar movimentos da mão humana capturados por uma *webcam* em tempo real, ou seja, a cada atividade e gesto realizado pela mão, o protótipo é capaz de reproduzir logo em seguida. Durante as demonstrações, observou-se que o algoritmo é capaz de identificar a mão, realizar o envio dos comandos ao Arduino e acionar os servomotores de forma integrada, sem falhas técnicas significativas no período de operação observado.

Ainda que não tenham sido realizadas medições instrumentais de latência ou precisão angular, os resultados obtidos foram avaliados de forma qualitativa, considerando a estabilidade da detecção visual, a resposta dos servomotores, a integridade das conexões eletrônicas e a capacidade de comunicação do sistema, conforme as discussões apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Síntese qualitativa dos resultados observados

Aspecto avaliado	Resultado observado	Discussão técnica

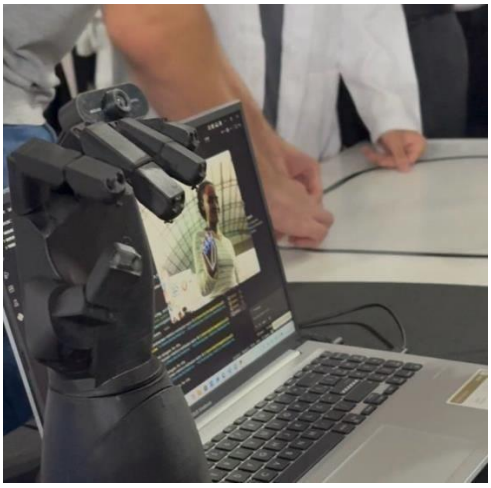
ISSN 2317-1316

Rastreamento da mão	Funcionamento em tempo real	A biblioteca MediaPipe permitiu identificar pontos de referência da mão e atualizar a movimentação dos dedos artificiais.
Controle dos dedos	Acionamento individual	A distribuição dos sinais PWM viabilizou o controle independente de cada servomotor.
Estabilidade elétrica	Redução de falhas de contato	A soldagem em placa de fibra de vidro substituiu conexões provisórias e aumentou a robustez do circuito.
Aplicação educacional	Alto potencial demonstrativo	O protótipo facilitou a explicação de conceitos de robótica, programação e inteligência artificial.
Perspectiva assistiva	Potencial para estudos futuros	A arquitetura pode embasar pesquisas em interfaces homem-máquina e tecnologias assistivas.

Os resultados demonstram a integração entre a captura e leitura da imagem, o processamento computacional e a definição dos valores matemáticos, o controle embarcado do Arduino até a atuação mecânica dos servomotores ao receberem os sinais elétricos, consolidando a proposta como uma ferramenta ativa em robótica e inteligência artificial (Figura 6).

Comentado [KA3]: Sugiro substituir para 'Os resultados demonstram a integração entre...', para variar o vocabulário e deixar a frase mais fluida.

Figura 6: Protótipo da mão robótica em funcionamento, demonstrando o espelhamento das articulações a partir do reconhecimento via webcam.



As pesquisas relacionadas ao tema da mão robótica divergem parcialmente das abordagens utilizadas; por exemplo, no acionamento clássico por tendões, como fios rígidos

ISSN 2317-1316

para a tração (Marinho, 2009). A adoção de elásticos roliços demonstrou ser uma alternativa mecânica mais eficiente para otimizar o retorno à posição de repouso e a resposta dinâmica dos dedos, enquanto os fios de *nylon* apresentaram restrições na fluidez do movimento neste protótipo. Essa adaptação alinhou-se às propostas de tecnologias acessíveis para a inovação, embora possa apresentar variações na precisão absoluta sob tensões elevadas.

4 CONCLUSÃO

O desenvolvimento da mão robótica controlada por visão computacional atingiu o objetivo proposto ao integrar a captura de imagem, processamento em Python com MediaPipe, controle embarcado com Arduino e acionamento mecânico por servomotores. A solução demonstrou funcionamento estável, permitiu a reprodução dos movimentos da mão humana e apresentou relevância ao aproximar conceitos de robótica, eletrônica e inteligência artificial. Como trabalhos futuros, recomenda-se a inclusão de calibrações sistêmicas para a mensuração do tempo de resposta, o uso de atuadores com *feedback* de posição e testes aprofundados baseados nos preceitos de interação homem-máquina. Por fim, os autores agradecem ao laboratório InovaFabLab da Universidade Santa Cecília pelo essencial suporte infraestrutural, impressão 3D e corte a laser para a fabricação das peças do projeto.

5 DECLARAÇÃO DE USO DE IA

Declaração de Uso de IA: Durante a reformulação deste artigo, utilizou-se a ferramenta ChatGPT, modelo GPT-5.5 Thinking, para apoio na adequação ao *template* do COBRIC, reorganização textual, revisão gramatical e verificação de formatação. As figuras 1, 2, 3 e 4 foram geradas por essa inteligência artificial. O conteúdo gerado foi revisado, editado e validado pelos autores e pela orientadora, que assumem total responsabilidade pelo texto final.

6 REFERÊNCIAS

Dev Ideias. Controlando Mão Robótica por Imagem com Visão Computacional. YouTube, 26 mar. 2024. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=ebRO4B7bNBE. Acesso em: 10 de maio de 2026.

ISSN 2317-1316

Goebel K, Losekann SD, Polla PTB, Montenegro KBM, Ávila AR. Offering technologies for innovation: strategies and challenges. Innovation & Management Review, Bingley, v. 21, n. 1, p. 44-59, 2023. Disponível em: https://www.emerald.com/inmr/article/21/1/44/1212875/Offering-technologies-for-innovation-strategies. Acesso em: 12 de maio de 2026.

Marinho TSES. Projeto e controle de uma mão robótica servo controlada por tendões. 2009. Relatório de Pesquisa (PIBIC) - Departamento de Engenharia Mecânica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: https://www.puc-rio.br/ensinopesq/ccpg/pibic/relatorio_resumo2009/relatorio/mec/thiago.pdf. Acesso em: 15 de maio de 2026.

Milano D, Honorato LB. Visão Computacional. Faculdade de Tecnologia, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). 2010. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/35825905/2010_IA_FT_UNICAMP_visaoComputacional-libre.pdf?1417700841=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DVISAO_COMPUTACIONAL_Palavras_Chaves.pdf&Expires=1788306235&Signature=ao3i1b~QZmQ0ZVjOKJMjOM5RNwII-3wzSRtk8fukclJezaoKNJEy~nkMIg14ubKBQPLwk8LVrqitHeWbokxiqMaDPrrsvhwKjX-HxrsOxdVclzfAeSqbrc9LY4yLxQZNWOAs4wgG7jJwDdVm00RF1WNy5lq0dGa7DLNLvO5bHoP-LoiXMqhm7Kr9SyaO8Ob8eHXQPNIB2cwPjMUhlXGkrLGRQNswAGBFDn0qbocWIQGo3pncPAFenc8qKMHCSHHg8nmb1JfaKxo~4pO5U3nSl8tne1gKtC1qqtobDGKOCtrmknLEwPJhyYDZINn8ayEk5PjU~1Ov-GLkgKZfwvSRYQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 1 set. 2026.

Rosa RN. Uso do Arduino para o ensino de automação e programação com base no pensamento computacional e aprendizagem significativa. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/240587. Acesso em: 15 de maio de 2026.

Souza WI. mao-robotica-mediapipe. GitHub, 2024. Disponível em: https://github.com/WellingtonDev25/mao-robotica-mediapipe. Acesso em: 10 de maio de 2026.

Universidade de São Paulo (USP). Ensinando com Arduino: uso da plataforma em sala de aula contribui para motivar estudantes e inspirar novos aprendizados. São Carlos: USP, 5 jul. 2016. Disponível em: https://saocarlos.usp.br/ensinando-com-arduino-uso-da-plataforma-em-sala-de-aula-contribui-para-motivar-estudantes-e-inspirar-novos-aprendizados/. Acesso em: 11 de maio de 2026.