

Tecnologias de Visão Computacional para Inclusão Digital: Uma Plataforma de Acessibilidade para Pessoas com Deficiência Motora

Yago Gabriel Oliveira¹, Vinícius Alves Silva¹, Hiran Nonato M. Ferreira¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais
(IFSULDEMINAS) - Passos/MG, Brasil

yago.oliveira@alunos.ifsulde Minas.edu.br
{vinicius.silva, hiran.ferreira}@ifsulde Minas.edu.br

Abstract. Introduction: Digital assistive tools support inclusion for people with motor disabilities. **Objective:** To present a browser extension controlled by head movement. **Methodology:** Functional prototype using MediaPipe and initial tests. **Expected Results:** Lightweight, accessible solution with stable tracking. User testing is planned.

Keywords facial tracking, accessibility, digital inclusion

Resumo. Introdução: Tecnologias assistivas digitais favorecem a inclusão de pessoas com deficiência motora. **Objetivo:** Apresentar uma extensão de navegador controlada por movimentos da cabeça. **Metodologia:** Protótipo funcional baseado em MediaPipe e testes preliminares. **Resultados Esperados:** Solução leve e acessível, com rastreamento estável. Planejam-se testes com usuários.

Palavras-Chave rastreamento facial, acessibilidade, inclusão digital

1. Introdução

Cerca de 14,4 milhões de brasileiros, ou 7,3% da população com dois anos ou mais, possuem algum tipo de deficiência, segundo o Censo Demográfico 2022 do IBGE. Diante disso, é essencial garantir o acesso igualitário à informação e aos recursos digitais. A legislação brasileira, como a Lei nº 13.146/2015 (Estatuto da Pessoa com Deficiência), reforça esse direito ao estabelecer diretrizes de acessibilidade, inclusive no meio digital [Brasil 2015]. Com a transformação digital, o acesso à internet tornou-se parte fundamental da cidadania. No entanto, apesar das diretrizes da WCAG, menos de 1% dos sites brasileiros são totalmente acessíveis [Movimento Web para Todos 2022]. Isso revela uma lacuna entre o avanço tecnológico e a inclusão efetiva, especialmente de pessoas com deficiência motora, para quem dispositivos como teclado e mouse representam barreiras significativas [Macedo 2021].

A interação humano-computador tem evoluído com o uso de visão computacional, reconhecimento facial e técnicas de machine learning, possibilitando soluções adaptadas a diferentes limitações funcionais. Tecnologias assistivas, como as propostas por [Oliveira 2022] e [Cupertino 2022], demonstram que é possível substituir periféricos tradicionais por comandos baseados em movimentos faciais ou oculares.

Neste contexto, propomos o desenvolvimento de uma extensão de navegador baseada em rastreamento facial, utilizando ferramentas de desenvolvimento modernas.

A solução busca viabilizar a navegação por meio de movimentos faciais, promovendo autonomia, inclusão digital e facilidade de uso para pessoas com deficiência motora.

2. Trabalhos Relacionados

Soluções assistivas baseadas em visão computacional têm sido amplamente exploradas na área de Interação Humano-Computador (IHC), com o objetivo de permitir a substituição de dispositivos convencionais, como mouse e teclado, por interfaces que utilizam gestos faciais ou rastreamento ocular. [Nunes et al. 2024] realizaram uma análise histórica da acessibilidade digital no IHC Brasil, destacando um aumento de estudos sobre visão computacional e interação assistiva aplicada a web e dispositivos móveis. Esses trabalhos evidenciam o potencial de tecnologias visuais aplicadas à acessibilidade.

O uso combinado de bibliotecas como OpenCV, Dlib, MediaPipe e Pynput foi investigado por [Oliveira 2022], resultando em uma aplicação em Python capaz de acionar comandos do mouse com base em gestos da face e dos olhos. De forma semelhante, [Yamamoto et al. 2024] apresentaram um sistema que controla o cursor por meio da posição da íris e realiza cliques ao detectar o fechamento dos olhos, utilizando o modelo FaceMesh. O sistema Muve, proposto por [Cupertino 2022], é uma ferramenta assistiva modular voltada à navegação web e validada com usuários reais. Seu diferencial está na adaptabilidade e foco em inclusão digital de pessoas com deficiência motora.

Tais estudos evidenciam o potencial de tecnologias visuais aplicadas à acessibilidade. No entanto, muitas soluções exigem configurações locais complexas. Este trabalho propõe uma alternativa leve e multiplataforma, integrando rastreamento facial diretamente ao navegador web, com foco em acessibilidade prática, imediata e escalável.

3. Metodologia

O desenvolvimento deste trabalho seguiu uma abordagem exploratória [Wazlawick 2014], na qual protótipos funcionais foram implementados com o intuito de validar as funcionalidades propostas. Esta metodologia tem sido largamente empregada em trabalhos da área [Wang et al. 2023, Merlin et al. 2024, Mello e Evangelista 2024]. A abordagem proposta neste trabalho seguiu uma estrutura composta por cinco etapas, como podem ser vistas a partir da Figura 1.

A *Etapla 1* consistiu, inicialmente, em um levantamento da literatura e uma pesquisa bibliográfica, com o propósito de compreender os desafios enfrentados por pessoas com deficiência motora em ambientes digitais. Essa fase teve como foco a identificação de barreiras de acessibilidade em *websites* e sistemas computacionais, o que possibilitou o fornecimento de subsídios teóricos e um conjunto de funcionalidades para o desenvolvimento da ferramenta proposta. Na *Etapla 2* foram realizados testes de viabilidade técnica buscando avaliar o quão possível seria a implementação da proposta.

A *Etapla 3* iniciou-se logo após os testes de viabilidade técnica. Tendo já levantado um arcabouço suficiente de tecnologias para a implementação, procedeu-se com a construção de um protótipo funcional, fundamentado em recursos para atendimento de usuários com as necessidades específicas já discutidas no trabalho. Para isso, foi implementada uma arquitetura em *Python 3.9* utilizando bibliotecas específicas: *OpenCV* (v. 4.11.0.86) para captura e processamento de vídeo; *MediaPipe*

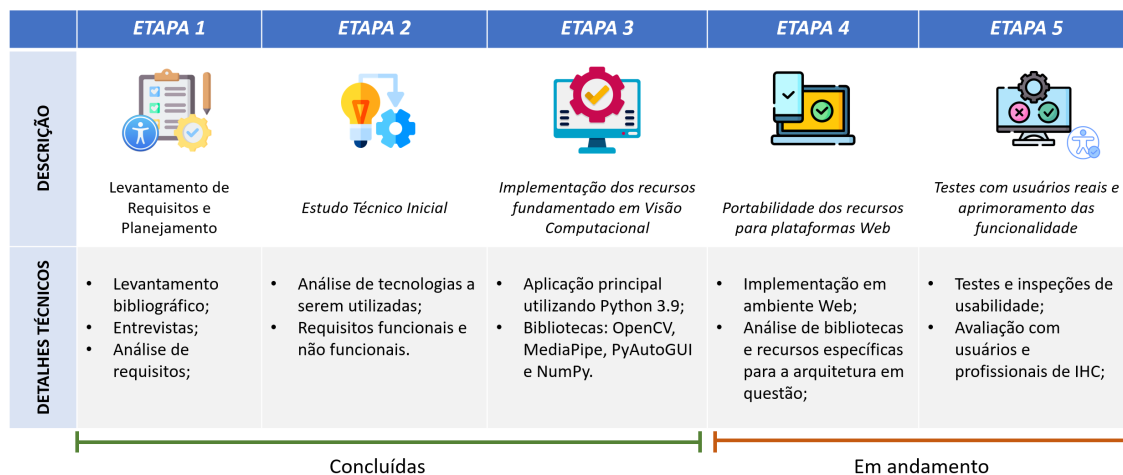


Figura 1. Etapas para desenvolvimento da proposta.

(v. 0.10.21) para detecção e rastreamento facial; *PyAutoGUI* (v. 0.9.54) para controle programático do cursor do mouse; e *NumPy* (v. 1.26.4) para operações de interpolação de coordenadas. Destaca-se, conforme indicado na Figura 1, que as Etapas 1, 2 e 3 já foram implementadas. Por se tratar de um trabalho em andamento, ainda restam duas etapas para a sua conclusão.

Como o objetivo principal do trabalho versa sobre a implementação de uma solução computacional voltada para o ambiente WEB, faz-se necessária a portabilidade da proposta para um ambiente que permita a integração nesses ambientes. A *Etapas 4* tem como objetivo principal essa adaptação. Nesta etapa serão criados mecanismos que permitirão que o protótipo funcione a partir de um navegador web (*browser*) por meio de uma extensão ou recursos adicionais do sistema operacional.

Por fim, a *Etapas 5* é voltada para realização de testes com usuários reais a fim de verificar a validade da proposta e levantar recursos para aprimoramento das funcionalidades. Espera-se realizar testes e inspeções de usabilidade com profissionais da área de IHC e com usuários finais.

4. Resultados Parciais

A arquitetura proposta foi construída a partir de módulos de software fracamente acoplados, utilizando bibliotecas *open source* amplamente difundidas e utilizadas pela comunidade. Uma visão em alto nível da arquitetura pode ser vista na Figura 2.

A interação com o sistema inicia-se por meio da captura contínua de imagens a partir de um dispositivo de gravação (Figura 2-A). Nesse processo, toda a imagem é transmitida para o *Módulo de Captura*, responsável pela aquisição propriamente dita, bem como pelo espelhamento e conversão das imagens para o formato RGB (OpenCV). Após esse processamento (Figura 2-B), as interações são transformadas em sinais de *landmarks* faciais, tratados com a biblioteca MediaPipe, e encaminhadas ao *Módulo de Transição*. Este módulo é responsável por capturar as coordenadas faciais, realizar a interpolação das posições de acordo com o tamanho da tela e aplicar diferentes filtros de suavização. Após essa etapa (Figura 2-C), todas as informações são encaminhadas ao sistema operacional por meio da biblioteca PyAutoGUI, responsável pelo movimento do cursor e pelo desenho

dos pontos e malhas faciais, que, por fim, são encaminhadas ao *Módulo de Exibição* para apresentação na tela (Figura 2-D).

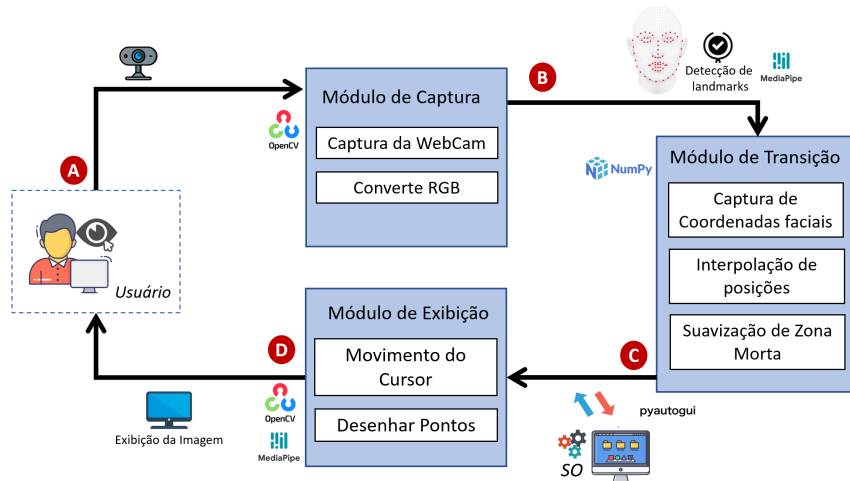


Figura 2. Arquitetura da Proposta.

Até o momento, foi realizado um teste preliminar que demonstrou a viabilidade da proposta. O módulo Face Mesh do MediaPipe apresentou rastreamento robusto dos marcos faciais, mesmo com pequenas movimentações da cabeça, rastreando pontos do nariz e dos olhos. As coordenadas foram interpoladas para diferentes resoluções de tela, com expansão de limites para monitores maiores. Implementou-se suavização de movimento com média móvel ponderada ($\alpha = 0,2$) e zona morta de 5 pixels, reduzindo tremores e melhorando a precisão dos cliques. A latência foi mínima, garantindo sensação de controle direto.

No entanto, a ausência de calibração automática e ajustes dinâmicos ainda demanda configuração manual. O desempenho foi estável sob boa iluminação, mas sensível a sombras ou obstruções. Os testes envolveram apenas o desenvolvedor. Para etapas futuras, planeja-se incluir rolagem de página, ajuste de sensibilidade e novos gestos, ampliando a acessibilidade da solução.

5. Considerações Finais

Este trabalho apresenta uma proposta, em andamento, de construção de uma plataforma baseada em rastreamento facial para auxiliar pessoas com deficiência motora na utilização de sistemas computacionais. A solução destaca-se por seu caráter leve, acessível e multiplataforma, dispensando dispositivos especializados. Testes iniciais demonstraram rastreamento estável e controle fluido do cursor. Como próximos passos, serão implementados ajustes automáticos, implementação de extensões voltadas para plataformas web e testes com usuários reais.

Aspectos Éticos

Os testes com usuários previstos neste trabalho seguirão princípios éticos aplicáveis à pesquisa com seres humanos. O projeto será submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP).

Referências

- Brasil (2015). Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015: Estatuto da pessoa com deficiência.
- Cupertino, S. S. A. (2022). Desenvolvimento de uma ferramenta assistiva modular e adaptativa para inclusão digital de pessoas com deficiência motora.
- Macedo, A. L. d. F. (2021). Técnicas de visão computacional aplicadas na detecção e rastreamento ocular para a inclusão digital de pessoas com deficiência motora.
- Mello, J. e Evangelista, G. (2024). Ferramentas de dados para análise e mensuração de user experience (ux): funcionalidades, barreiras e oportunidades. In *Anais Estendidos do XXIII Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais*, pages 110–114, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Merlin, J., Coleti, T., Milani, M., Santos, M., Generoso, L., Lira, M., e Almeida, G. (2024). Ninoedu: Uma plataforma para aplicação do método abacada. In *Anais Estendidos do XXIII Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais*, pages 100–104, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Movimento Web para Todos (2022). Sites brasileiros aprovados em testes de acessibilidade é menor que 1%. <https://abrir.link/gJLcA>. Acesso em: 9 maio 2025.
- Nunes, E. D. C., Silva, P. V., Souza, R. G., e Monteiro, I. (2024). Investigating accessibility at the brazilian symposium on human factors in computing systems (ihc): A systematic review on users engagement and ethical considerations for persons with disabilities. In *Anais do XXIII Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais*, pages 685–702, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Oliveira, F. V. (2022). Avaliação de alternativas ao mouse utilizando técnicas da visão computacional.
- Wang, J., Ivrisimtzis, I., Li, Z., Zhou, Y., e Shi, L. (2023). Developing and evaluating a novel gamified virtual learning environment for asl. In Abdelnour Nocera, J., Kristín Lárusdóttir, M., Petrie, H., Piccinno, A., e Winckler, M., editors, *Human-Computer Interaction – INTERACT 2023*, pages 459–468, Cham. Springer Nature Switzerland.
- Wazlawick, R. S. (2014). *Metodologia de Pesquisa para Ciência da Computação*. Elsevier, second edition.
- Yamamoto, L. A., Santos, J. R., e Garcia, W. L. C. (2024). Software de acessibilidade por reconhecimento visual para pessoas com deficiência. Trabalho de Conclusão de Curso, Fundação Educacional de Fernandópolis.