

# VISÃO COMPUTACIONAL APLICADA À INCLUSÃO DIGITAL: CONTROLE DE DISPOSITIVOS E COMUNICAÇÃO VIA GESTOS FACIAIS EM SISTEMAS EMBARCADOS

## COMPUTER VISION APPLIED TO DIGITAL INCLUSION: DEVICE CONTROL AND COMMUNICATION THROUGH FACIAL GESTURES IN EMBEDDED SYSTEMS

Wellington de Oliveira Dorta<sup>1, i</sup>

### RESUMO

Este artigo apresenta o desenvolvimento de um sistema de baixo custo baseado em visão computacional para interpretação de gestos faciais aplicados à inclusão digital. Utilizando um Raspberry Pi 4, câmera Logitech C270 e bibliotecas MediaPipe e OpenCV, o sistema envia comandos via MQTT para acionamento de dispositivos. Os testes mostraram acurácia acima de 90% e resposta inferior a 1 segundo, evidenciando o potencial da solução para ampliar a autonomia de pessoas com mobilidade severamente reduzida.

**Palavras-chave:** visão computacional; inclusão digital; sistemas embarcados; gestos faciais; IoT.

### ABSTRACT

This article presents a low-cost system based on computer vision to interpret facial gestures for digital inclusion. Using a Raspberry Pi 4, a Logitech C270 camera, and MediaPipe with OpenCV, the system sends commands via MQTT to control devices. Tests showed accuracy above 90% and response time below one second, highlighting its potential to enhance autonomy for people with severely reduced mobility.

**Keywords:** computer vision; digital inclusion; embedded systems; facial gestures; IoT.

## 1 INTRODUÇÃO

A visão computacional tem se consolidado como uma das áreas mais promissoras da inteligência artificial, permitindo que máquinas interpretem imagens e tomem decisões com base em padrões visuais (SZELISKI, 2010). No campo da inclusão digital, essa tecnologia abre novas possibilidades para pessoas com severas limitações motoras, que preservam apenas movimentos faciais, mas ainda desejam interagir com o ambiente.

Este estudo foi inspirado no caso de **Fábio**, diagnosticado com Esclerose Lateral Amiotrófica (ELA) em estágio avançado, que manteve apenas gestos faciais limitados e depende de tecnologias assistivas caras, e de difícil acesso. Esse cenário reforça a necessidade de soluções acessíveis e replicáveis, capazes de transformar

---

<sup>1</sup>Graduado em Engenharia Eletrônica pela Faccamp (2018), cursa Pós-Graduação em Automação Industrial no SENAI Roberto Mange. Atua como Engenheiro de Campo Jr. na Samsung, com foco em falhas de áudio e vídeo, e tem experiência com C, C++ e Python aplicadas a sistemas embarcados, visão computacional e automação industrial.

movimentos mínimos em interações significativas (YOUTUBE, 2024).

### 1.1 Problema de pesquisa

Como oferecer uma solução de baixo custo, confiável e adaptável para que pessoas com mobilidade extremamente reduzida possam controlar dispositivos e enviar mensagens, utilizando apenas gestos faciais?

### 1.2 Objetivo(s)

- **Geral:** desenvolver um sistema embarcado de visão computacional capaz de reconhecer gestos faciais e convertê-los em comandos IoT.
- **Específicos:** implementar reconhecimento de gestos com MediaPipe e OpenCV; integrar ao protocolo MQTT; validar o conceito com relés; avaliar precisão e tempo de resposta.

### 1.3 Justificativa

Tecnologias assistivas já demonstram impacto positivo na autonomia e qualidade de vida de pessoas com deficiência (PATEL; PARMAR, 2022), mas muitas ainda têm custo elevado ou acesso restrito. Assim, este trabalho propõe uma solução acessível e replicável para ampliar a autonomia de indivíduos em condições semelhantes.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

A visão computacional é um campo da inteligência artificial que busca capacitar máquinas a interpretar imagens e vídeos (SZELISKI, 2010). O avanço do deep learning ampliou a precisão e a robustez de modelos de reconhecimento (LECUN; BENGIO; HINTON, 2015), favorecendo aplicações em acessibilidade.

Entre as ferramentas mais utilizadas, destaca-se a biblioteca **OpenCV**, amplamente aplicada em processamento de imagens (BRADSKI; KAEHLER, 2017). O **MediaPipe**, desenvolvido pelo Google, complementa essa abordagem ao oferecer rastreamento facial em tempo real.

Na comunicação em Internet das Coisas (IoT), o protocolo **MQTT** se consolidou como padrão pela leveza e eficiência na troca de mensagens (BANKS; GUPTA, 2014). Essas características são cruciais em sistemas assistivos, nos quais baixa latência e confiabilidade são indispensáveis.

Além disso, pesquisas recentes ressaltam o uso de visão computacional em dispositivos assistivos, especialmente voltados à inclusão de pessoas com deficiência visual, evidenciando avanços e limitações dessas abordagens (SIVAN; DARSAN, 2016). Casos como o de Fábio reforçam a importância de soluções que transformem gestos mínimos em interações significativas, ampliando autonomia e qualidade de vida (YOUTUBE, 2024).

## 3 METODOLOGIA

O sistema interpreta gestos faciais em tempo real e os converte em

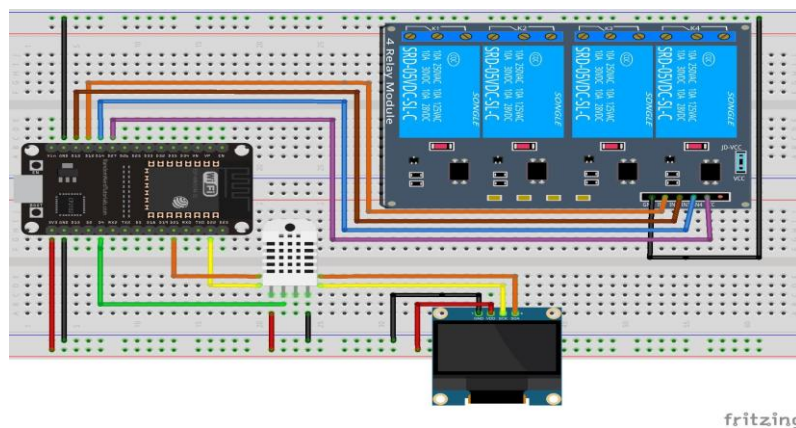
comandos IoT para controle de dispositivos. A arquitetura utiliza um **Raspberry Pi 4** com câmera Logitech C270 HD (Figura 1) para processamento visual e um ESP32 conectado a um módulo de quatro relés e a um sensor DHT22 (Figura 2).

**Figura 1** – Esquema de ligação do Raspberry Pi 4 com câmera Logitech C270 HD



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

**Figura 2** – Conexão do ESP32 ao módulo de 4 relés e sensor DHT22



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

O processamento de vídeo foi realizado com **OpenCV** e **MediaPipe Face Mesh**, no qual foram definidos três gestos principais:

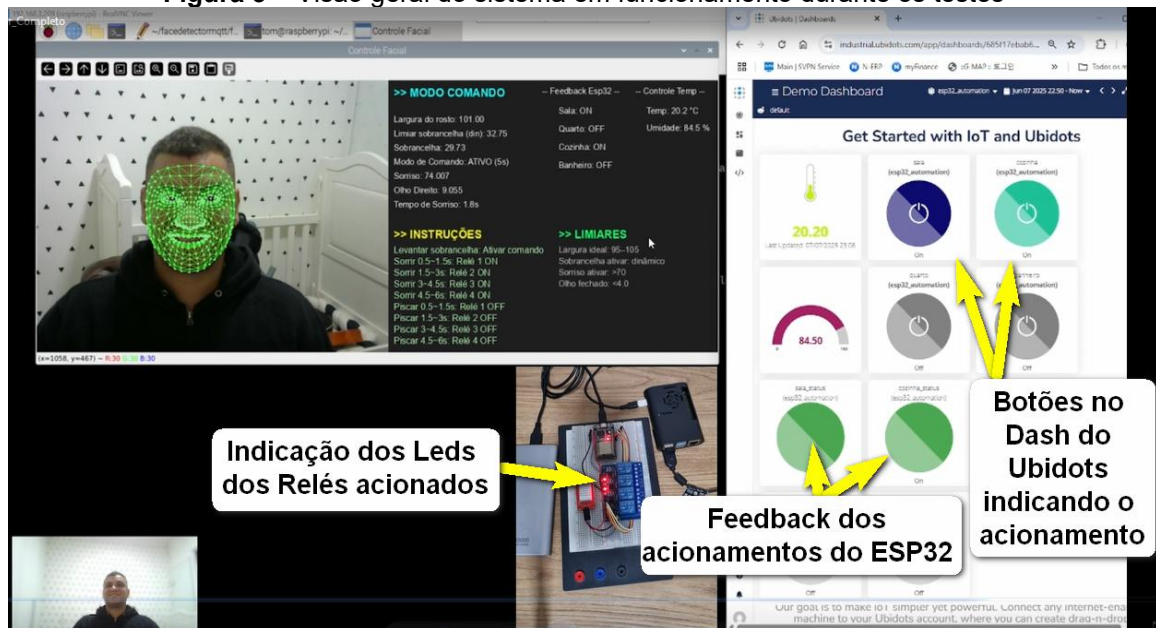
- **Sorriso:** ativa o modo comando.
- **Abertura da boca:** aciona um relé conforme a duração (1 a 2s → Relé 1; 2 a 3s → Relé 2; >3s → Relé 3/4).
- **Fechamento do olho direito:** desativa o dispositivo.

A comunicação utilizou MQTT com o broker Ubidots, mas o sistema é compatível com alternativas como Mosquitto ou HiveMQ. Para testes, foi criado um painel em Python exibindo gestos detectados, comandos enviados e status dos relés.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os testes mostraram que o sistema atingiu **precisão superior a 90%** na detecção dos gestos, com **tempo de resposta inferior a 1 segundo** em condições normais de iluminação. O painel em Python auxiliou na validação, exibindo em tempo real os gestos reconhecidos e os dispositivos acionados, enquanto o broker MQTT garantiu a comunicação entre Raspberry Pi e ESP32 (Figura 3).

Figura 3 – Visão geral do sistema em funcionamento durante os testes



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

## 5 CONCLUSÃO

O sistema desenvolvido comprovou a viabilidade de usar visão computacional embarcada como solução acessível para inclusão digital. Com hardware de baixo custo e bibliotecas abertas, foi possível reconhecer gestos faciais e convertê-los em comandos IoT, ampliando a autonomia de pessoas com mobilidade severamente reduzida. Para trabalhos futuros, recomenda-se a integração de câmeras de maior resolução e otimizar o processamento para expandir a aplicação em cuidados assistivos.

## REFERÊNCIAS

BANKS, A.; GUPTA, R. *MQTT Version 3.1.1*. OASIS Standard, 2014. Disponível em: <https://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v3.1.1/os/mqtt-v3.1.1-os.html>. Acesso em: 11 set. 2025.

BRADSKI, G.; KAEHLER, A. *Learning OpenCV 3: Computer Vision in C++ with the OpenCV Library*. 2. ed. Sebastopol: O'Reilly Media, 2017.

SIVAN, Shankar; DARSAN, Gopu. *Computer Vision Based Assistive Technology for Blind and Visually Impaired People*. In: ICCNT'16: Proceedings of the 7th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies. ACM, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1145/2967878.2967923>. Acesso em: 11 set. 2025.

LECUN, Y.; BENGIO, Y.; HINTON, G. Deep learning. *Nature*, v. 521, p. 436–444, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature14539>. Acesso em: 11 set. 2025.

PATEL, K.; PARMAR, B. Assistive device using computer vision and image processing for visually impaired: review and current status. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, v. 17, n. 3, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/17483107.2020.1786731>. Acesso em: 11 set. 2025.

SZELISKI, R. *Computer Vision: Algorithms and Applications*. London: Springer, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-84882-935-0>. Acesso em: 11 set. 2025.

YOUTUBE. História de Fábio e a adaptação tecnológica na ELA. 2024. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=mLkg8ZnkrCw>. Acesso em: 11 set. 2025.

## APÊNDICE A - VÍDEO DEMONSTRATIVO DO SISTEMA

O funcionamento completo do sistema pode ser visualizado em vídeo, acessível por link ou QR Code: [🔗 Vídeo de Demonstração](#)



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

## APÊNDICE B – REPOSITÓRIO DO PROJETO NO GITHUB

O código-fonte, diagramas e instruções do projeto estão disponíveis publicamente no GitHub: [https://github.com/tomtectsolutions/facedetector\\_mqtt](https://github.com/tomtectsolutions/facedetector_mqtt)



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao SENAI Roberto Mange pela oportunidade de desenvolver este projeto, aos professores e colegas pelo apoio técnico, e às famílias que inspiraram a solução, em especial Fábio, cuja experiência reforça a importância de tecnologias assistivas para a inclusão.

## SOBRE O(S)AUTOR(ES)

Sobre os autores:

---

### <sup>i</sup> Wellington de Oliveira Dorta (Autor 1)



Graduado em Engenharia Eletrônica pela Faccamp (2018), cursa Pós-Graduação em Automação Industrial no SENAI Roberto Mange. Atua como Engenheiro de Campo Jr. na Samsung, com foco em falhas de áudio e vídeo, e tem experiência com C, C++ e Python aplicadas a sistemas embarcados, visão computacional e automação industrial.