

Sistema de Contagem de Pessoas em Estabelecimentos Comerciais Utilizando ESP32 e Reconhecimento Facial com IA

People Counting System in Commercial Establishments Using ESP32 and Facial Recognition with AI

Davi Rocha de Farias¹, i
Eduardo Wallace da Silva², ii
Lucas Azeredo Gonçalves³, iii
Lucas Kauan de Paula da Silva⁴, iv
Marcello Pereira Benevides⁵, v

RESUMO

Este estudo investiga a implementação de um sistema de contagem de pessoas em ambientes comerciais utilizando o microcontrolador ESP32, equipado com uma câmera e integrado a algoritmos de inteligência artificial (IA) para reconhecimento facial, garantindo que a mesma pessoa não seja contada mais de uma vez. A pesquisa analisa os fundamentos técnicos, as metodologias de desenvolvimento e as aplicações práticas dessa tecnologia. Os objetivos incluem explorar os princípios teóricos, revisar avanços recentes e avaliar os impactos práticos e futuros. Os resultados apontam que o sistema é eficaz para otimizar o controle de fluxo de clientes, reforçar a segurança e monitorar o comportamento do consumidor, destacando-se por sua eficiência e acessibilidade.

Palavras-chave: Contagem de Pessoas, ESP32, Inteligência Artificial, Reconhecimento Facial, Controle de Fluxo, Segurança, Visão Computacional, Microcontroladores, Deep Learning, IoT

1Graduando em Análise e Desenvolvimento de Sistemas na Escola e Faculdade SENAI de Tecnologia Felix Guisard. E-mail: davirochadefarias@gmail.com

2Graduando em Análise e Desenvolvimento de Sistemas na Escola e Faculdade SENAI de Tecnologia Felix Guisard. E-mail: eduardo.walace.dev@gmail.com

3Graduando em Análise e Desenvolvimento de Sistemas na Escola e Faculdade SENAI de Tecnologia Felix Guisard. E-mail: lucasazeredogoncalves32@gmail.com

4Graduando em Análise e Desenvolvimento de Sistemas na Escola e Faculdade SENAI de Tecnologia Felix Guisard. E-mail: lucas.12.kps@gmail.com

5Docente Esp. Segurança da Informação na Escola e Faculdade SENAI de Tecnologia Felix Guisard. E-mail: marcello.benevides@sp.senai.br

ABSTRACT

This study addresses the implementation of a people counting system in commercial environments using the ESP32 microcontroller, equipped with a camera and integrated with artificial intelligence (AI) algorithms for facial recognition, ensuring that the same

person is not counted multiple times. The research analyzes the technical foundations, development methodologies, and practical applications of this technology. The objectives include exploring theoretical principles, reviewing recent advances, and evaluating practical and future impacts. The results indicate that the system is effective for optimizing customer flow control, enhancing security, and monitoring consumer behavior, standing out for its efficiency and accessibility.

Keywords: People Counting, ESP32, Artificial Intelligence, Facial Recognition, Customer Flow Control, Security, Computer Vision, Microcontrollers, Deep Learning, IoT

1 INTRODUÇÃO

A contagem de pessoas em lojas é essencial para entender quantos clientes entram e saem, melhorando a organização e o planejamento do espaço. Métodos tradicionais, como sensores ópticos ou contagem manual, frequentemente falham em identificar indivíduos que retornam ao ambiente, comprometendo a precisão dos dados. Este trabalho explora o uso do microcontrolador ESP32, equipado com uma câmera, combinado com técnicas de inteligência artificial baseadas em reconhecimento facial para realizar contagens precisas e evitar duplicações.

O ESP32, desenvolvido pela Espressif Systems, é um microcontrolador de baixo custo com conectividade Wi-Fi e Bluetooth, ideal para aplicações de Internet das Coisas (IoT). Acoplado a uma câmera, como a ESP32-CAM, ele permite capturar imagens que, processadas por modelos de deep learning otimizados, como os do TensorFlow Lite, possibilitam o reconhecimento facial em tempo real.

A evolução da visão computacional, com avanços como a arquitetura Inception, tem permitido a identificação precisa de rostos, viabilizando aplicações em ambientes comerciais. Este estudo detalha os fundamentos técnicos dessa abordagem, avalia sua viabilidade e discute suas aplicações em lojas e segurança, considerando os desafios éticos associados à privacidade e ao uso de dados faciais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A contagem de pessoas em espaços comerciais tem se beneficiado dos avanços em visão computacional e microcontroladores. O uso de câmeras acopladas ao ESP32, combinado com redes neurais convolucionais (CNNs), permite o reconhecimento facial para identificar indivíduos únicos, superando as limitações de sensores tradicionais (Szegedy et al., 2016). O ESP32, com seu processador dual-core e suporte a frameworks como TensorFlow Lite, é capaz de processar imagens capturadas pela câmera localmente, reduzindo a dependência de servidores externos (Abadi et al., 2016).

Estudos, como os de Warden e Situnayake (2019), demonstram que a integração de IA embarcada em dispositivos de baixo custo, como o ESP32-CAM, oferece alta precisão em tarefas de reconhecimento facial, com benefícios como baixo consumo energético e privacidade aprimorada. Frameworks como Edge Impulse facilitam o desenvolvimento dessas soluções, ampliando seu uso em lojas, segurança e análise de comportamento.

3 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada por meio de uma análise bibliográfica qualitativa, focando em publicações científicas e técnicas a partir de 2015. Foram consultadas bases de dados como IEEE Xplore, ScienceDirect e arXiv, com ênfase em estudos sobre visão computacional, reconhecimento facial, microcontroladores e IA embarcada.

A metodologia envolveu a sistematização de conceitos teóricos e práticos relacionados ao uso do ESP32 com câmera para contagem de pessoas e reconhecimento facial, sem experimentação direta, visando consolidar uma visão abrangente do tema.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise indica que o sistema baseado no ESP32 com câmera e IA para reconhecimento facial alcança alta precisão na contagem de pessoas, identificando indivíduos únicos por meio de imagens processadas em tempo real. Modelos otimizados, como os do TensorFlow Lite, permitem que o ESP32 execute tarefas complexas de reconhecimento facial com eficiência energética, tornando a solução viável para aplicações comerciais.

A câmera acoplada ao ESP32, como a ESP32-CAM, facilita a captura de imagens de alta qualidade, essenciais para a eficácia do reconhecimento facial. Contudo, limitações como a capacidade computacional restrita do ESP32 e a necessidade de otimização de modelos de IA para dispositivos embarcados foram observadas. Questões éticas, especialmente relacionadas à privacidade de dados faciais, reforçam a importância do processamento local para minimizar riscos.

5 CONCLUSÃO

Este estudo analisou a aplicação do ESP32 equipado com uma câmera e inteligência artificial para contagem de pessoas em lojas, destacando sua capacidade de realizar contagens precisas com reconhecimento facial para evitar duplicações. A integração de microcontroladores acessíveis com visão computacional oferece uma solução eficiente para a gestão de lojas, segurança e análise de comportamento do consumidor.

Para o futuro, recomenda-se o aprimoramento de modelos de IA para dispositivos embarcados, a integração com outros sensores e a implementação de diretrizes éticas robustas para proteger a privacidade dos usuários.

REFERÊNCIAS

ABADI, M. et al. TensorFlow: large-scale machine learning on heterogeneous systems. *arXiv preprint arXiv:1603.04467*, 2016.

CRAWFORD, K. *Atlas of AI: power, politics, and the planetary costs of artificial intelligence*. New Haven: Yale University Press, 2021.

ESPRESSIF SYSTEMS. *ESP32 technical reference manual*. Shanghai: Espressif Systems, 2016.

SZEGEDY, C. et al. Rethinking the inception architecture for computer vision. In: *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2016, Las Vegas. Anais... Los Alamitos: IEEE Computer Society, 2016. p. 2818-2826.

WARDEN, P.; SITUNAYAKE, M. *TinyML: machine learning with TensorFlow Lite on Arduino and ultra-low-power microcontrollers*. Sebastopol: O'Reilly Media, 2019.

Sobre os autores:

ⁱDavi Rocha de Farias

Estudante de graduação em Análise e Desenvolvimento de Sistemas pela Instituição Senai Félix Guisard (conclusão prevista em 2026). Técnico em Análise e Desenvolvimento de Sistemas pela Instituição COLÉGIO UNITAU - Escola de Aplicação Dr. Alfredo Balbi (conclusão em 2024).



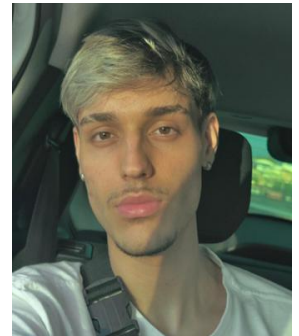
ⁱⁱEduardo Wallace da Silva

Graduando em Análise e Desenvolvimento de Sistemas pela Instituição Senai Félix Guisard (conclusão prevista para 2026). Técnico em Análise e Desenvolvimento de Sistemas pela mesma instituição (conclusão em 2024). Atua com foco em desenvolvimento backend, integrando bancos de dados e APIs, com conhecimentos em PHP e Node.js.

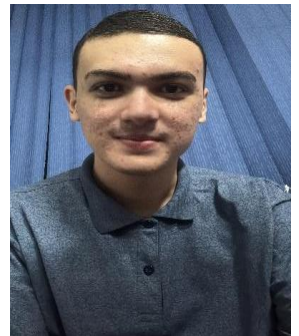


iii Lucas Azeredo Gonçalves

Estudante de graduação em Análise e Desenvolvimento de Sistemas pela Instituição Senai Félix Guisard (conclusão prevista em 2026).

**iv Lucas Kauan de Paula da Silva**

Estudante de graduação em Análise e Desenvolvimento de Sistemas pela Instituição Senai Félix Guisard (conclusão prevista em 2026). Técnico em Análise e Desenvolvimento de Sistemas pela Instituição Senai Félix Guisard (conclusão em 2024)

**v Marcello Pereira Benevides**

Docente com mais de 20 anos de experiência na área de engenharia de telecomunicações com atuação destacada em segurança da informação e automação industrial. Mestrando em Engenharia e pós graduado nas áreas de Segurança da Informação e Automação Industrial.

