

Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Divinópolis

**CONTROLE INTELIGENTE DE ACESSO COM RECONHECIMENTO FACIAL E
RE-IDENTIFICAÇÃO**

Divinópolis, MG

2025



Caio Henrique Braga Teixeira
Guilherme Tadeu Almeida Sardinha Marques
Héber Stavrakas Gaipo
Pedro Henrique Pereira

Marcos Alberto Saldanha
Karolliny Danielle Santos

CONTROLE INTELIGENTE DE ACESSO COM RECONHECIMENTO FACIAL E RE-IDENTIFICAÇÃO

Relatório apresentado à 9ª FEMIC - Feira
Mineira de Iniciação Científica.

Orientação da Profª. Karolliny Danielle Santos e
coorientação de Marcos Alberto Saldanha.

Divinópolis, MG

2025



RESUMO

Inteligência Artificial e Machine Learning são áreas em franca expansão e com impacto direto na atuação da Engenharia da Computação. O reconhecimento facial é uma aplicação de alta visibilidade e interesse que vem sendo aplicada em vários sistemas da atualidade, mais voltados para segurança e controle biométrico. O estudo desmistifica o “aprendizado” de máquina, demonstrando que é um processo de otimização matemática e aplicação computacional. A metodologia baseia-se na leitura de documentação da linguagem e modelos utilizados, seguida da implementação do algoritmo aliado com os modelos de reconhecimento facial e re-identificação. O algoritmo normaliza a imagem detectada para linguagem computacional, a fim de interpretá-la utilizando convoluções (aplicação de filtros na imagem), ativações não-lineares (funções deriváveis) e *backpropagation* em redes neurais. Para modelos de reconhecimento facial, funções de perda como a Triplet Loss são usadas para gerar representações biométricas únicas (*embeddings*), aproximando vetorialmente rostos da mesma pessoa e afastando os de indivíduos distintos. O sistema proposto utiliza um modelo ResNet-SSD para detectar rostos e um MobileFaceNet para extrair os *embeddings* de Re-ID. A Re-ID permite que o sistema reconheça uma pessoa mesmo que ela saia e retorne ao campo de visão da câmera, garantindo uma contagem precisa de indivíduos únicos. Demonstra-se que o treinamento de modelos de inteligência artificial não é “mágica”, mas um processo iterativo e bem definido de otimização para resolver problemas complexos do mundo real, como o controle de acesso inteligente.

Palavras-chave: aprendizado de máquina, detecção de objetos, redes neurais, reconhecimento facial, controle de acesso



SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	5
2 JUSTIFICATIVA.....	6
3 OBJETIVO GERAL	7
4 METODOLOGIA	8
5 RESULTADOS OBTIDOS.....	9
6 CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	10
REFERÊNCIAS.....	11

1 INTRODUÇÃO

A Inteligência Artificial (IA) e o Aprendizado de Máquina (*Machine Learning*) representam uma das mais transformadoras tecnologias da atualidade, com aplicações que vão desde sistemas de recomendação até veículos autônomos. No campo da segurança e da gestão de ambientes, uma aplicação de grande relevância é o desenvolvimento de sistemas de controle de acesso e monitoramento de fluxo de pessoas. Tradicionalmente, tarefas como a contagem de indivíduos em um evento ou o controle de entrada em áreas restritas dependem de intervenção humana ou de tecnologias limitadas, como catracas e sensores infravermelhos.

Sistemas modernos buscam superar essas limitações utilizando a visão computacional. A detecção e o reconhecimento facial, em particular, são cada vez mais empregados para automatizar e otimizar esses processos. No núcleo desses sistemas avançados, encontram-se as Redes Neurais Artificiais, especialmente as Redes Neurais Convolucionais (CNNs), que demonstraram uma capacidade excepcional no processamento de dados visuais.

O “aprendizado” dessas redes — seja para detectar um rosto em uma imagem ou para gerar uma assinatura biométrica única (*embedding*) a partir dele — é, fundamentalmente, um problema de otimização matemática. Milhões de parâmetros internos da rede devem ser ajustados para que o modelo realize sua tarefa com precisão. Este artigo propõe-se a desenvolver e analisar um sistema inteligente que integra a detecção facial e a re-identificação de pessoas (Re-ID), demonstrando como esses componentes podem ser combinados para criar uma solução robusta para o controle de acesso e a contagem precisa de indivíduos.

2 JUSTIFICATIVA

A necessidade de sistemas de segurança e monitoramento mais eficientes e autônomos é crescente em diversos setores da sociedade, como no comércio, em eventos públicos, em empresas e em instituições de ensino. A contagem manual de pessoas é suscetível a erros e de baixa escalabilidade, enquanto sistemas automatizados simples frequentemente falham em um desafio central: distinguir entre indivíduos únicos. Por

exemplo, um sistema que apenas conta cada vez que uma pessoa passa por uma porta não consegue saber se é a mesma pessoa entrando e saindo várias vezes.

Essa limitação gera dados imprecisos de lotação e fluxo, comprometendo a segurança e a tomada de decisões logísticas. A importância desta pesquisa reside, portanto, na proposição de uma solução tecnológica para este problema. O desenvolvimento de um sistema que não apenas detecta rostos, mas também os re-identifica, permite uma contagem precisa de indivíduos únicos, mesmo que estes saiam e retornem ao campo de visão da câmera.

Este projeto é relevante por integrar tecnologias de ponta em visão computacional e aprendizado de máquina para resolver um problema prático, demonstrando o potencial da IA para criar soluções mais inteligentes e confiáveis para desafios do mundo real.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Desenvolver e demonstrar um sistema inteligente de controle de acesso capaz de detectar, reconhecer e re-identificar indivíduos de forma automatizada, garantindo uma contagem precisa de pessoas em um ambiente monitorado por vídeo.

3.2 Objetivos específicos

- Implementar um modelo de detecção facial para localizar rostos em um fluxo de vídeo em tempo real.
- Utilizar um modelo de rede neural para extrair características biométricas únicas (*embeddings*) de cada rosto detectado.
- Desenvolver uma lógica de re-identificação (Re-ID) para reconhecer indivíduos que retornam ao campo de visão da câmera, atribuindo-lhes um identificador único e persistente.
- Integrar os componentes de detecção, extração de características e re-identificação em um pipeline funcional para a contagem de pessoas únicas.

4 METODOLOGIA

O desenvolvimento do projeto foi realizado utilizando a linguagem de programação Python e bibliotecas consolidadas na área de visão computacional e inteligência artificial, como OpenCV e NumPy. A arquitetura do sistema foi dividida em módulos sequenciais que, juntos, formam um pipeline de processamento completo.

A arquitetura do sistema proposto integra os seguintes módulos principais:

1. **Deteção de Rostos:** Para localizar rostos em cada quadro do vídeo, foi utilizado um modelo de Rede Neural Convolucional (CNN) pré-treinado, o **ResNet-SSD**. Este modelo é eficiente em identificar as coordenadas da caixa delimitadora (*bounding box*) ao redor de cada rosto presente na imagem.
2. **Extração de Embedding Facial (para Re-ID):** Para cada rosto detectado, uma segunda CNN, o modelo **MobileFaceNet**, foi utilizada. Sua função é extrair um vetor de características compacto e discriminativo, conhecido como *embedding*. Esse vetor serve como uma "assinatura" biométrica do rosto, onde rostos da mesma pessoa geram vetores vetorialmente próximos e rostos de pessoas diferentes geram vetores distantes.
3. **Banco de Dados de Aparências e Lógica de Re-ID:** Os *embeddings* dos rostos já vistos são armazenados em uma estrutura de dados em memória. Quando um novo rosto é detectado, seu *embedding* é extraído e comparado com os que já estão no banco de dados. Se uma correspondência com alta similaridade for encontrada, a pessoa é re-identificada com seu ID existente. Caso contrário, é considerada uma nova pessoa, e seu *embedding* é adicionado ao banco com um novo ID.
4. **Rastreamento e Contagem:** Para otimizar o processamento, um algoritmo de rastreamento de objetos (CSRT) é associado a cada pessoa identificada. Esse rastreador segue a pessoa nos quadros subsequentes, o que é computacionalmente mais leve do que rodar a detecção facial a todo momento. Uma linha virtual é definida na tela, e a contagem de pessoas únicas é incrementada apenas quando o rastreador de um indivíduo com um ID ainda não contabilizado cruza essa linha.

O fluxo do sistema consiste em capturar o vídeo, aplicar o pipeline de detecção e re-identificação periodicamente e usar o rastreamento para manter a continuidade, garantindo performance e precisão.

5 RESULTADOS OBTIDOS

A implementação do sistema demonstrou a capacidade da abordagem proposta em resolver os desafios de contagem e re-identificação em um cenário prático. Os resultados observados nos testes foram:

1. **Detecção de Rostos Robusta:** O modelo ResNet-SSD identificou com sucesso as regiões faciais nos frames do vídeo em tempo real, mesmo com variações de iluminação e pose (dentro de certos limites), desenhando uma caixa delimitadora em volta de cada rosto.
2. **Re-identificação Eficaz:** O modelo MobileFaceNet, em conjunto com a lógica de comparação de *embeddings*, foi capaz de gerar vetores de características que permitiram ao sistema distinguir entre diferentes indivíduos. Mais importante, o sistema conseguiu re-identificar corretamente pessoas que saíam do campo de visão e retornavam momentos depois, atribuindo a elas o mesmo ID único.
3. **Contagem Precisa:** Como resultado direto da re-identificação, o sistema foi capaz de contar o número único de pessoas que acessaram a área monitorada, evitando as contagens múltiplas que ocorreriam em sistemas mais simples. A lógica da linha virtual funcionou como um gatilho eficaz para registrar a entrada de cada novo indivíduo.

O sucesso da aplicação prática confirma a eficácia da combinação de diferentes modelos de redes neurais para criar sistemas de visão computacional complexos e com utilidade real, resolvendo as limitações de métodos de contagem tradicionais.

6 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este projeto demonstrou com sucesso o desenvolvimento e a implementação de um sistema inteligente de controle de acesso baseado em reconhecimento facial e re-

identificação. Foi explorado como as Redes Neurais Convolucionais, tanto para localizar rostos quanto para extrair suas características biométricas, podem ser integradas em um pipeline coeso para resolver um problema complexo.

O resultado prático confirma que o "aprendizado" em máquinas é um processo matemático bem definido de otimização que permite aos modelos extrair padrões relevantes de dados visuais. O sistema de contagem, com seus desafios de detecção, rastreamento e re-identificação, serve como um exemplo concreto de como esses fundamentos computacionais se traduzem em soluções tecnológicas sofisticadas e de grande impacto.

Conclui-se que a integração de diferentes modelos de Inteligência Artificial é uma abordagem poderosa e viável para a criação de sistemas de monitoramento mais inteligentes e autônomos. Este trabalho não apenas atinge seus objetivos de criar um contador preciso de pessoas, mas também serve como uma base para futuras expansões, como o controle de acesso por lista de permissão ou a análise de comportamento em ambientes monitorados.

REFERÊNCIAS

- HE, K. et al. Deep residual learning for image recognition. In: 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). [S.l.: s.n.], 2016. p. 770–778.
- KRIZHEVSKY, A.; SUTSKEVER, I.; HINTON, G. E. Imagenet classification with deep convolutional neural networks. In: PEREIRA, F. et al. (Ed.). Advances in Neural Information Processing Systems. Curran Associates, Inc., 2012. v. 25.
- LECUN, Y.; BENGIO, Y.; HINTON, G. Deep learning. Nature, v. 521, n. 7553, p. 436–444, 2015.
- PARKHI, O. M.; VEDALDI, A.; ZISSERMAN, A. Deep face recognition. In: XIE, X.; JONES, M. W.; TAM, G. K. L. (Ed.). Proceedings of the British Machine Vision Conference (BMVC). BMVA Press, 2015. p. 41.1–41.12.
- RUMELHART, D. E.; HINTON, G. E.; WILLIAMS, R. J. Learning representations by back-propagating errors. Nature, v. 323, n. 6088, p. 533–536, 1986.
- SCHROFF, F.; KALENICHENKO, D.; PHILBIN, J. Facenet: A unified embedding for face recognition and clustering. In: 2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). [S.l.: s.n.], 2015. p. 815–823.
- SIMONYAN, K.; ZISSERMAN, A. Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition. 2015.
- TAIGMAN, Y. et al. Deepface: Closing the gap to human-level performance in face verification. In: 2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. [S.l.: s.n.], 2014. p. 1701–1708.