# SISTEMA DE DETECÇÃO DE CICLISTAS E USUÁRIOS DE PATINETES ELÉTRICOS EM VIAS DE TRÂNSITO URBANO PARA VEÍCULOS INTELIGENTES

Maria Eduarda de Souza Bezerra (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Rafael Krummenauer (Orientador). E-mail: rkrummenauer@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Maringá, PR.

**Área e subárea do conhecimento: Engenharias/Engenharia Elétrica**

**Palavras-chave:** Patinete Elétrico, Mobilidade Urbana, Sistemas Inteligentes.

## RESUMO

Este estudo desenvolveu um sistema de visão computacional, baseado no modelo YOLOv8, para detecção de ciclistas e patinetes elétricos em vias urbanas, visando apoiar a segurança de veículos autônomos frente a usuários vulneráveis. Como a rede não reconhece nativamente patinetes elétricos, foi construído e ampliado um dataset próprio, com aplicação de técnicas de data augmentation. Após o treinamento, o modelo atingiu métricas robustas de precisão, recall e mAP50, sem sinais de overfitting, demonstrando a viabilidade da abordagem como ferramenta de apoio à segurança viária.

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento dos veículos autônomos representa um importante fator de transformação da mobilidade urbana contemporânea, impulsionado por avanços em sensoriamento e sistemas de navegação. Contudo, a segurança desses sistemas inteligentes depende da capacidade de interpretar interações complexas entre condutores e o ambiente urbano, conhecidas como Rider-to-X Interactions (RXIs), indo além da simples detecção de objetos para alcançar uma compreensão do comportamento humano (TABATABAIE, 2024).

Paralelamente, o crescimento da mobilidade urbana trouxe um aumento nos acidentes com usuários vulneráveis. Segundo o Detran de SP, mais de 90,8 mil sinistros com vítimas não fatais ocorreram em 2025. Um fator crítico de risco reside na instabilidade inerente a veículos de micromobilidade: estudos indicam que condutores de patinetes elétricos, especialmente os novatos, frequentemente evitam realizar sinais manuais de conversão por medo de perder o equilíbrio, o que gera manobras imprevisíveis para os veículos autônomos (LÖCKEN, 2020). Além disso, a segurança é comprometida pela execução de tarefas não relacionadas à condução (NDRTs), como o uso de interfaces digitais, que aumentam significativamente a carga cognitiva e reduzem o desempenho de direção (TERAO, 2025).

Nesse contexto, embora o crescimento de ciclistas e usuários de patinetes elétricos promova um transporte mais sustentável, ele exige uma reforma estrutural e tecnológica. É fundamental redesenhar a infraestrutura rodoviária para otimizar a conectividade e a segurança em trajetos multimodais, integrando faixas exclusivas de forma estratégica (PEDROZA-PEREZ, 2024). Complementarmente, torna-se essencial o desenvolvimento de sistemas de inteligência artificial que utilizem dados visuais e comportamentais para garantir a segurança em vias públicas.

O objetivo deste estudo é desenvolver um sistema inteligente para detecção de ciclistas e patinetes elétricos em vias urbanas utilizando imagens capturadas por câmeras montadas na parte frontal de veículos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Com base na fundamentação teórica levantada sobre mobilidade urbana e veículos inteligentes, optou-se por trabalhar com técnicas de detecção de imagens em vídeo, utilizando o OpenCV e o modelo YOLO (You Only Look Once) (REDMON, 2016), rede neural pré-treinada capaz de reconhecer objetos como carros, pessoas e bicicletas em tempo real. O primeiro contato com a ferramenta se deu por meio de um curso da Udemy ("Detecção de Objetos com YOLO, DarkNet, OpenCV e Python"), que possibilitou revisar conceitos de Redes Neurais Convolucionais e realizar testes exploratórios iniciais.

Como a YOLO não é originalmente treinada para reconhecer patinetes elétricos (e-scooters), foi necessário realizar seu treinamento personalizado, seguindo as etapas: coleta de imagens, anotação (bounding boxes) com a ferramenta LabelImg, divisão do dataset em treino/validação/teste, treinamento, avaliação dos resultados e execução em vídeo, todo o processo conduzido no Google Colab.

O treinamento inicial utilizou 163 imagens anotadas de um banco público de patinetes elétricos disponibilizado pelo IUPUI Purdue School of Engineering & Technology (cerca de 3 mil imagens), executado por 50 épocas. Diante do desempenho insuficiente (detalhado em Resultados), o dataset foi ampliado sucessivamente para 460 imagens anotadas, seguindo o mesmo procedimento de rotulagem, também foram usadas técnicas de data augmentation para aprimorar o banco de dados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os primeiros testes de treinamento, realizados com 163 imagens anotadas, apresentaram desempenho insatisfatório na identificação dos patinetes elétricos. O score de confiança das caixas delimitadoras variou entre 0,49 e 0,62, valor considerado baixo para detecções confiáveis. Constatou-se, ainda, que a pontuação de confiança era maior em imagens pertencentes ao próprio conjunto de dados de treinamento do que em imagens externas a ele, o que indicou baixa capacidade de generalização do modelo nessa fase.

Após a ampliação do conjunto de dados para 460 imagens anotadas, adotou-se a divisão de 70% para treinamento, 20% para validação e 10% para teste. Assim, os resultados seguintes mostraram aumento expressivo nos valores de confiança das detecções (Figura 1), o que evidenciou uma melhora significativa na capacidade do modelo de identificar corretamente os objetos nas imagens.

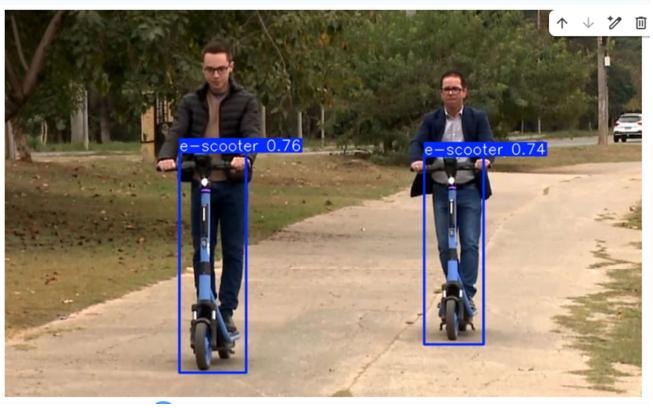



**Figura 1** – Score de confiança após o aumento do banco de dados.

Para melhorar a generalização do modelo, dado o tamanho reduzido do dataset, foram aplicadas técnicas de data augmentation nativas do YOLOv8: variações de cor, transformações geométricas, flip horizontal, mosaic, mixup e copy-paste. O mosaic foi desativado nas últimas 10 épocas para estabilizar o aprendizado.

O modelo foi treinado por 150 épocas com a arquitetura YOLOv8s. As curvas da Figura 2 mostram convergência consistente das perdas de treino e validação, sem sinais de overfitting. As métricas estabilizaram a partir de ~50 épocas, com precisão de ~0,98, recall de ~0,95, mAP50 de ~0,98 e mAP50-95 de ~0,75, indicando boa capacidade do modelo em detectar e-scooters.

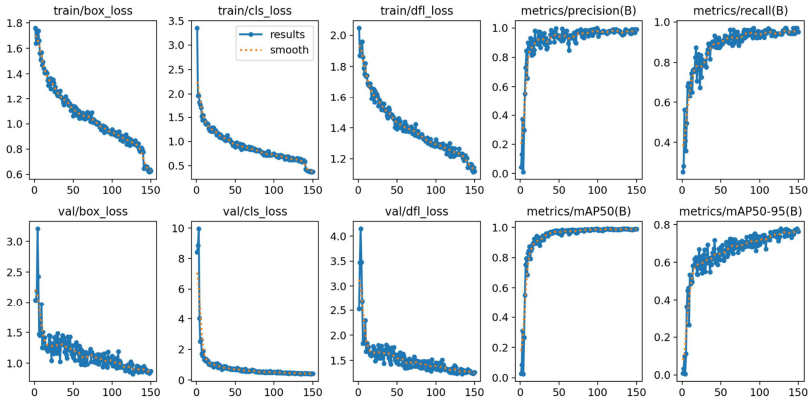



**Figura 2** – Resultados do treinamento usando data augmentation.

## CONCLUSÕES

O treinamento personalizado do modelo YOLOv8 foi eficaz para a detecção de patinetes elétricos, superando a limitação original da rede em reconhecer essa classe de objeto. A ampliação progressiva do dataset, associada ao uso de técnicas de data augmentation, foi determinante para a melhora na confiabilidade e na capacidade de generalização do modelo, resultando em métricas robustas (precisão ~0,98, recall ~0,95 e mAP50 ~0,98) sem indícios de overfitting.

Esses resultados confirmam a viabilidade de sistemas de visão computacional como ferramenta de apoio à segurança viária, diante do cenário de crescimento dos acidentes com usuários vulneráveis. O trabalho ainda está em fase intermediária, sendo necessários como próximos passos a integração com o reconhecimento nativo de bicicletas, testes com câmera própria em vídeo real e o refinamento contínuo do modelo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação Araucária e ao CNPq pelo financiamento do projeto, SGP processo nº 1186/2025.

## REFERÊNCIAS

LÖCKEN, A. et al. Impact of Hand Signals on Safety: Two Controlled Studies With Novice E-Scooter Riders. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AUTOMOTIVE USER INTERFACES AND INTERACTIVE VEHICULAR APPLICATIONS, 12., 2020, Virtual Event. New York: ACM, 2020. 9 p.

PEDROZA-PEREZ, D. D.; TOUTOUH, J.; LUQUE, G. Re-designing road infrastructure to integrate e-scooter micromobility as part of multimodal transportation. In: GENETIC AND EVOLUTIONARY COMPUTATION CONFERENCE, 2024, Melbourne. New York: ACM, 2024. 9 p.

REDMON, J. et al. You only look once: Unified, real-time object detection. Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, p. 779 – 788, 2016.

TABATABAIE, M. et al. Beyond "Taming Electric Scooters": Disentangling Understandings of Micromobility Naturalistic Riding. In: PROCEEDINGS OF THE ACM ON INTERACTIVE, MOBILE, WEARABLE AND UBIQUITOUS TECHNOLOGIES, v. 8, n. 3, 2024, New York. New York: ACM, 2024. art. 129.

TERAO, K. et al. Evaluating Interfaces for Non-Driving Related Tasks While Operating an E-scooter. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AUTOMOTIVE USER INTERFACES AND INTERACTIVE VEHICULAR APPLICATIONS, 17., 2025, Brisbane. New York: ACM, 2025. 12 p.