



SISTEMA DE CADASTRO E CONTROLE AUTOMÁTICO EM ESTACIONAMENTO VIA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

AUTOMATIC REGISTRATION AND CONTROL SYSTEM FOR PARKING VIA ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Enzo Martins Netto de Freitas, Rodrigo Cunha Gasparotto, Enrico Madeu Fernandes, João Augusto Andrade dos Santos, Yuri Silva Cruz Storino, Sérgio Schina de Andrade, Luis Fernando Pompeo Ferrara

Universidade Santa Cecília, Faculdade de Engenharia, Curso de Engenharia da Computação
E-mail para contato: ef185734@alunos.unisanta.br

RESUMO – Este projeto visa automatizar a gestão de estacionamentos por meio de um sistema de reconhecimento de placas utilizando OCR. O objetivo é otimizar a eficiência operacional e a experiência do usuário, reduzindo a dependência de métodos manuais e aumentando a precisão no controle de entrada e saída de veículos. A metodologia incluiu a coleta de dados em diferentes ângulos e condições de luminosidade, avaliando o desempenho com base em métricas de revocação, precisão e acurácia. Os resultados mostraram uma taxa de reconhecimento superior a 94% em condições ideais, com queda de desempenho em baixa luminosidade. O sistema demonstrou resultados positivos em cenários controlados, e apresenta potencial para aprimoramentos visando melhorar o desempenho em situações adversas.

Palavras-chave: OCR; Gestão de Estacionamentos; Reconhecimento de Placas; Automação; Eficiência Operacional.

ABSTRACT – This project aims to automate parking management through a license plate recognition system using OCR technology. The objective is to optimize operational efficiency and user experience by reducing reliance on manual methods and increasing accuracy in vehicle entry and exit control. The methodology included data collection in different angles and lighting conditions, evaluating performance based on recall, precision, and accuracy metrics. Results showed a recognition rate above 94% under ideal conditions, with performance drops in low-light environments. The system demonstrated positive results in controlled scenarios and has potential for improvements to enhance performance in adverse situations.

Keywords: OCR; Parking management; License Plate Recognition; Automation; Operational Efficiency.

Tipo do trabalho: () Iniciação científica (X) Iniciação tecnológica () Extensão

1 INTRODUÇÃO

A gestão de estacionamentos rotativos e privados em áreas urbanas deve ser analisada à luz do crescimento contínuo da frota de veículos no Brasil. Nas últimas duas décadas [1], o número de veículos licenciados no país apresentou um aumento expressivo. Em 2000, a frota brasileira contava com aproximadamente 30 milhões de veículos, enquanto em 2022 esse número já havia ultrapassado a marca de 100 milhões, com uma crescente participação de motocicletas, que hoje representam mais de 27% da frota nacional. Esse crescimento acelerado pode ser atribuído a diversos fatores, como a expansão do crédito, a popularização de serviços de entrega via motocicletas e a urbanização crescente. Com isso, surgem desafios relacionados à infraestrutura, congestionamentos e ao gerenciamento de vagas de estacionamento, especialmente nas grandes cidades.

Soluções tradicionais, como a utilização de tickets de papel e registros manuais, tornam-se obsoletas diante dos avanços tecnológicos, exigindo sistemas mais automatizados que possam reduzir erros e aumentar a conveniência tanto para gestores quanto para clientes [2]. O Brasil, no entanto, enfrenta desafios na implementação de soluções tecnológicas avançadas quando comparado a outros países. Apesar de avanços como a implantação do sistema PIX e o uso de blockchain no setor público, o país ainda está atrás em áreas como inteligência artificial e automação de processos [3], devido à falta de infraestrutura robusta e à escassez de profissionais qualificados. Isso impede um progresso mais rápido no cenário global de modernização tecnológica.

Este projeto tem como foco a otimização da gestão de estacionamentos rotativos e privados em áreas urbanas, começando com a aplicação em um escopo local, na cidade de Santos, onde será implementado em estacionamentos comerciais e de serviços. O sistema visa automatizar processos críticos, como controle de entrada e saída de veículos, aumentar a transparência no gerenciamento de clientes e reduzir a dependência de métodos manuais, proporcionando uma solução mais segura e eficiente. Dependendo do sucesso e do desempenho do sistema em Santos, cogita-se a expansão do projeto para um escopo nacional, atendendo à crescente demanda por soluções tecnológicas em diferentes cidades do Brasil. A proposta também melhora a segurança, minimiza erros humanos e proporciona uma experiência mais fluida para administradores e usuários, alinhando-se à necessidade de modernização tecnológica em um país que ainda enfrenta dificuldades na adoção de soluções automatizadas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema foi desenvolvido inicialmente para aplicação em um escopo local, em Santos, e faz uso de ferramentas como React para a criação de uma interface web dinâmica, Python para o processamento de dados e implementação do OCR (Reconhecimento Óptico de Caracteres), e Raspberry Pi para controle físico, integração com a câmera e acionamento da cancela.

A interface web, desenvolvida com a tecnologia React, oferece uma plataforma responsiva e intuitiva para o gerenciamento dos fluxos de veículos e clientes nos estacionamentos. O controle de entrada e saída de veículos foi automatizado por meio da biblioteca OpenCV, responsável pelo processamento de imagens, e do algoritmo de detecção YoloV8, que garante alta precisão no reconhecimento das placas de veículos. APIs externas de OCR foram integradas ao sistema para melhorar a confiabilidade da detecção em situações mais desafiadoras.

O Raspberry Pi atua como unidade central de processamento, coordenando a comunicação entre a câmera, o sistema de OCR e a cancela. O código foi desenvolvido em Python, e o dispositivo é responsável por automatizar o fluxo de veículos em tempo real, com base nas leituras das placas.

O treinamento do sistema de IA foi realizado com um banco de dados de 8.000 imagens de placas de veículos, capturadas em diversos contextos urbanos. Essas imagens foram coletadas tanto de fontes públicas quanto dos próprios estacionamentos participantes, abrangendo variações de ângulo e luminosidade. Do total de imagens, 6.000 foram usadas para treinamento e 2.000 para validação. As redes neurais convolucionais (CNNs) foram treinadas para reconhecer os caracteres das placas com precisão, sendo ajustadas em várias iterações para otimizar o desempenho.

Para avaliar a viabilidade do projeto, foram realizadas três entrevistas semiestruturadas com gestores dos estacionamentos Yellow Park & Wash, Garagem Park Santos e Prime Estacionamento, todos em Santos. De modo geral, os gestores foram receptivos ao sistema, reconhecendo seu potencial para reduzir o tempo de espera e otimizar o controle de entrada e saída de veículos. Essas percepções foram analisadas utilizando técnicas de análise de conteúdo, organizando as respostas qualitativas e quantitativas.

Em seguida, os dados foram submetidos a uma análise descritiva que gerou gráficos e tabelas sobre indicadores como o tempo médio de espera e a satisfação com os métodos atuais de controle. Foi realizada também uma análise inferencial com técnicas de regressão linear e correlação, conduzida no software SPSS, para identificar relações entre variáveis.

O sistema de reconhecimento de placas foi validado por meio de simulações computacionais com as imagens coletadas. O treinamento com as CNNs identificou a arquitetura mais eficiente. Posteriormente, o sistema foi testado em condições reais, comprovando uma redução significativa no tempo de espera comparado aos métodos manuais.

Os scripts e procedimentos utilizados foram documentados detalhadamente para assegurar a validação e reprodutibilidade do estudo. O sistema foi testado em diversos cenários, incluindo horários de pico e variações climáticas, para validar sua robustez e adaptabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo comprovam a eficácia do sistema de reconhecimento de placas de veículos utilizando tecnologias de OCR, avaliando-o em diferentes contextos operacionais, como variações de ângulo e condições de luminosidade. Foram consideradas as etapas de detecção de veículos, placas, segmentação de caracteres e reconhecimento de placas. O desempenho foi avaliado com base em métricas como Revocação, Precisão e Acurácia, detalhadas na Tabela 1.

A métrica de IoU (1) foi utilizada para avaliar a sobreposição entre a caixa delimitadora prevista e a real. A Precisão (2) indicou a proporção de predições corretas, enquanto a Revocação (3) mediu a capacidade do sistema de detectar todos os objetos relevantes. Por fim, a Acurácia (4) calculou o percentual total de acertos em relação ao número de tentativas, refletindo o desempenho geral do sistema.

As taxas de reconhecimento das placas variaram conforme o contexto. Placas de carros e motos em ângulo frontal apresentaram as melhores taxas de reconhecimento, superiores a 94%. No entanto, em condições de baixa luminosidade, o desempenho caiu significativamente, com

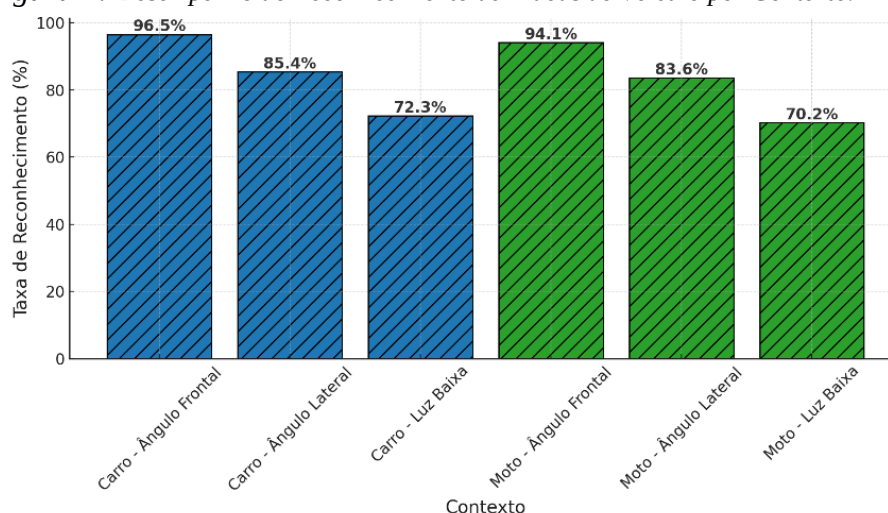
taxas de reconhecimento de 72,3% para carros e 70,2% para motos, como demonstrado na Figura 1.

A Tabela 1 detalha as métricas de desempenho para cada etapa do processo de OCR. A detecção de placas, por exemplo, teve uma Revocação de 98,8% e Precisão de 97,8%. O reconhecimento final das placas apresentou uma Acurácia de 89,3%, destacando a necessidade de aprimoramentos, especialmente em situações mais complexas, como o reconhecimento de placas com mais de seis caracteres.

Em conclusão, o sistema se mostrou eficiente em condições controladas de iluminação e ângulo, mas ainda necessita de ajustes para lidar com variações ambientais e desafios na segmentação de placas longas. Esses resultados corroboram com estudos anteriores [4] que indicam dificuldades semelhantes em condições adversas, sugerindo melhorias futuras no algoritmo de OCR para lidar com esses desafios.

3.1 Figuras

Figura 1: Desempenho do Reconhecimento de Placas de Veículo por Contexto.



3.2 Tabelas

Tabela 1. Valores obtidos dos ensaios no laboratório.

Etapa	Revocação	Precisão	Acurácia
Detecção de Placa	98,8%	97,8%	-
Segmentação de Caracteres	92,2%	96,5%	-
Reconhecimento de Caracteres	87,9%	-	-
Reconhecimento de Placa	-	-	89,3%
≥ 6 Caracteres	-	-	82,5%

3.3 Equações

$$IoU = \frac{A \cap B}{A \cup B}. \quad (1)$$



$$Precisão = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2)$$

$$Revocação = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

$$Acurácia = \frac{Total\ de\ Acertos}{Total\ de\ Itens} \quad (4)$$

4 CONCLUSÃO

O projeto alcançou seus objetivos ao desenvolver um sistema eficiente de reconhecimento de placas de veículos baseado em OCR, demonstrando alto desempenho em condições ideais de iluminação e ângulo, com taxas de reconhecimento superiores a 94% para carros e motos em ângulo frontal. A implementação do sistema contribui diretamente para a modernização da área de gestão de estacionamentos, trazendo um avanço significativo em termos de automação e eficiência operacional. Além disso, reforça o papel do Brasil no desenvolvimento de soluções tecnológicas inovadoras para setores tradicionalmente manuais. No entanto, foi identificado que o sistema apresenta limitações em condições de baixa luminosidade e ângulos extremos, evidenciando a necessidade de melhorias futuras, principalmente na segmentação e reconhecimento de caracteres longos. A análise dos resultados confirmou a viabilidade do sistema para automação de estacionamentos, com potencial para reduzir custos operacionais e melhorar a experiência dos usuários. Agradecemos o apoio de Luís Fernando Ferrara, Yuri Storino, Sérgio Schina e ao Laboratório da Universidade (Fablab) por viabilizarem o desenvolvimento deste projeto. Trabalhos futuros focarão na implementação de algoritmos de aprendizado profundo para melhorar o desempenho em situações desafiadoras e ampliar a precisão do sistema, consolidando sua aplicação em cenários nacionais.

5 REFERÊNCIAS

1. MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Frota de Veículos no Brasil - 2024. *Estatísticas da Frota de Veículos no Brasil*. Brasília: Ministério dos Transportes, 2024.
2. Olariu S, Khalid M. Smart parking systems: reviewing the literature, architecture and ways forward. *Smart Cities*. 2021 Apr;4(2):623-642.
3. Perrone, C. *Brazil's Bridges to the Future: How the Country Is Building Digital Infrastructure*. Carnegie Endowment for International Peace. 2023.
4. Kamado, H.; Silva, L. Reconhecimento Automático de Placas de Veículos em Condições Adversas. *Anais do Workshop de Visão Computacional (WVC)*, Sociedade Brasileira de Computação, 2024.