

RESOLUÇÃO nº 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O estudante DANIEL XAVIER RODRIGUES do Curso de CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO matrícula 2020.1.0028.0027-6, telefone: (62) 98210-6402 e-mail 2020.1.0028.0027-6@pucgo.edu.br, na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei dos Direitos do Autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado OCR PARA IDENTIFICAÇÃO DE PLACAS DE VEÍCULOS, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado (Texto(PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 06 de abril de 2026.

Assinatura do autor: _____

Nome completo do autor: DANIEL XAVIER RODRIGUES

Assinatura do professor-orientador: _____

Nome completo do professor-orientador: GUSTAVO SIQUEIRA VINHAL

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS ESCOLA POLITÉCNICA
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO**



**CONTROLE DE ACESSO EM ESTACIONAMENTOS UTILIZANDO OCR PARA
IDENTIFICAÇÃO DE PLACAS DE VEÍCULOS**

DANIEL XAVIER RODRIGUES

**GOIÂNIA
2026**

DANIEL XAVIER RODRIGUES

**CONTROLE DE ACESSO EM ESTACIONAMENTOS UTILIZANDO OCR PARA
IDENTIFICAÇÃO DE PLACAS DE VEÍCULOS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Escola politécnica, da
Pontifícia Universidade Católica de Goiás,
como parte dos requisitos para obtenção
do título de Bacharel em Ciência da
Computação

Orientador(a): Prof. Gustavo Siqueira
Vinhai

**GOIÂNIA
2026**

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Simulação.....	25
Figura 2 – OCR precisão.....	26
Figura 3 – Registro no banco.....	27
Figura 4 – Tela inicial do sistema.....	29
Figura 5 – Tela após o cliente digitar placa.....	29
Figura 6 – Tela de pagamento do Mercado Pago.....	30
Figura 7 – Tela de pagamento aprovado do mercado pago.....	30

RESUMO

O crescimento da frota de veículos e a necessidade de maior eficiência na gestão de estacionamentos têm impulsionado o desenvolvimento de soluções tecnológicas capazes de automatizar processos tradicionalmente realizados de forma manual. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver um sistema de controle de acesso em estacionamentos utilizando Reconhecimento Óptico de Caracteres (OCR) para identificação automática de placas veiculares. A proposta busca reduzir falhas humanas, aumentar a segurança das informações e otimizar o processo de entrada e saída de veículos. Para o desenvolvimento da solução foram utilizados conceitos de visão computacional, processamento digital de imagens e reconhecimento óptico de caracteres, implementados por meio da linguagem Python e das bibliotecas OpenCV e EasyOCR. O sistema realiza a captura das imagens utilizando a câmera do notebook, identifica automaticamente os caracteres presentes na placa do veículo, valida o padrão da placa reconhecida e registra as informações em banco de dados para controle da permanência dos veículos no estacionamento. Os testes foram realizados em ambiente doméstico, utilizando imagens de placas posicionadas em frente à câmera, permitindo validar o funcionamento do processo de reconhecimento e registro das informações. Os resultados obtidos demonstraram a viabilidade da utilização do OCR como ferramenta de automação para controle de acesso veicular, evidenciando sua capacidade de identificar placas automaticamente e reduzir a necessidade de registros manuais. Conclui-se que a aplicação de técnicas de visão computacional e reconhecimento óptico de caracteres pode contribuir significativamente para a modernização dos sistemas de estacionamento, proporcionando maior eficiência operacional, confiabilidade dos registros e potencial para futuras integrações com sistemas de pagamento e monitoramento em tempo real.

Palavras-chave: OCR, Reconhecimento Óptico de Caracteres, Visão Computacional, Controle de Acesso, Estacionamento, Reconhecimento de Placas Veiculares.

ABSTRACT

The growth of the vehicle fleet and the need for greater efficiency in parking lot management have encouraged the development of technological solutions capable of automating processes traditionally performed manually. In this context, this study aims to develop a parking access control system using Optical Character Recognition (OCR) for automatic vehicle license plate identification. The proposed solution seeks to reduce human errors, increase information security, and optimize vehicle entry and exit procedures. The system was developed using concepts of computer vision, digital image processing, and optical character recognition, implemented through the Python programming language and the OpenCV and EasyOCR libraries. The system captures images using a notebook camera, automatically identifies the characters present on vehicle license plates, validates the recognized plate pattern, and stores the information in a database to control vehicle parking duration. The tests were conducted in a home environment using images of license plates positioned in front of the camera, allowing validation of the recognition and data registration process. The results demonstrated the feasibility of using OCR as an automation tool for vehicle access control, highlighting its ability to automatically identify license plates and reduce the need for manual data entry. It is concluded that the application of computer vision and optical character recognition techniques can significantly contribute to the modernization of parking management systems, providing greater operational efficiency, record reliability, and potential for future integration with payment systems and real-time monitoring solutions.

Keywords: OCR, Optical Character Recognition, Computer Vision, Access Control, Parking Lot, License Plate Recognition.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	8
1.1 JUSTIFICATIVA.....	11
1.2 OBJETIVO GERAL	11
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
1.4 CONTRIBUIÇÃO DA PESQUISA	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 CONTROLE DE ACESSO EM ESTACIONAMENTOS	13
2.2 VISÃO COMPUTACIONAL.....	14
2.3 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS.....	15
2.4 RECONHECIMENTO ÓPTICO DE CARACTERES (OCR).....	16
2.5 RECONHECIMENTO AUTOMÁTICO DE PLACAS VEICULARES	19
2.6 BANCO DE DADOS E ARMAZENAMENTO DAS INFORMAÇÕES	20
2.7 TECNOLOGIAS APLICADAS AO DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA	21
3 METODOLOGIA.....	22
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	22
3.2 LEVANTAMENTO DE REQUISITOS.....	23
3.2.1 REQUISITOS FUNCIONAIS.....	24
3.2.2 REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS	25
3.3 DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO.....	26
3.3.1 CAPTURA DAS IMAGENS.....	26
3.3.2 LEITURA DO FRAME PELO EasyOCR	27
3.3.3 FILTRAGEM E TRATAMENTO DO TEXTO RECONHECIDO	28
3.3.4 VALIDAÇÃO DO PADRÃO DA PLACA	28
3.3.5 CONTROLE DE PLACAS DETECTADAS	29
3.3.6 REGISTRO DE ENTRADA NO BANCO DE DADOS	29
3.3.7 GERAÇÃO DO ARQUIVO JASON	30
3.3.8 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS TESTES REALIZADOS	30
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
4.1 PERSPECTIVAS PARA ESTUDOS FUTUROS	34
5 REFERENCIAS	35

1. INTRODUÇÃO

O crescimento da frota de veículos observado nas últimas décadas tem provocado mudanças significativas na dinâmica urbana e nos processos relacionados à mobilidade. De acordo com dados do Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), o número de veículos registrados no Brasil apresenta crescimento contínuo, aumentando a demanda por espaços destinados ao estacionamento e exigindo métodos mais eficientes para o gerenciamento do fluxo de veículos. Nesse contexto, os estacionamentos desempenham um papel fundamental na organização do trânsito urbano, oferecendo locais adequados para permanência temporária dos veículos e contribuindo para a redução de problemas relacionados à ocupação irregular das vias públicas (BRASIL, 2023).

Apesar dos avanços tecnológicos observados em diversos setores, muitos estacionamentos ainda utilizam processos tradicionais para o controle de acesso de veículos. Entre os métodos mais comuns estão a emissão de tickets impressos, registros manuais e identificação visual realizada por operadores. Embora esses procedimentos sejam amplamente utilizados, eles apresentam limitações relacionadas à ocorrência de erros humanos, extravio de comprovantes, lentidão nos processos de entrada e saída e dificuldades na rastreabilidade das informações. Além disso, a dependência da intervenção humana pode comprometer a eficiência operacional, especialmente em locais com grande fluxo de veículos (GONZALEZ; WOODS, 2010).

A necessidade de automatizar processos operacionais tem impulsionado o desenvolvimento de soluções tecnológicas voltadas para o gerenciamento inteligente de estacionamentos. A automação permite reduzir falhas humanas, aumentar a confiabilidade das informações registradas e proporcionar maior agilidade no atendimento aos usuários. Nesse cenário, tecnologias relacionadas à visão computacional e ao reconhecimento automático de padrões vêm sendo amplamente empregadas em aplicações que exigem identificação e monitoramento de objetos em tempo real, incluindo sistemas de segurança, controle de acesso e monitoramento veicular (SZELISKI, 2022).

A visão computacional consiste em uma área da computação dedicada ao desenvolvimento de métodos capazes de permitir que sistemas computacionais obtenham informações relevantes a partir de imagens e vídeos. Por meio de algoritmos específicos, é possível detectar objetos, reconhecer

padrões, identificar características visuais e realizar análises automatizadas de imagens digitais. Os avanços recentes nessa área possibilitaram o surgimento de aplicações cada vez mais sofisticadas, tornando a visão computacional uma ferramenta importante para a automação de processos em diversos segmentos da sociedade (SZELISKI, 2022).

Entre as tecnologias associadas à visão computacional destaca-se o Reconhecimento Óptico de Caracteres, conhecido pela sigla OCR (Optical Character Recognition). Essa tecnologia tem como objetivo converter imagens contendo textos em informações digitais que podem ser interpretadas e processadas por sistemas computacionais. Inicialmente utilizada na digitalização de documentos, a tecnologia OCR evoluiu significativamente ao longo dos anos e passou a ser aplicada em diferentes contextos, incluindo leitura de documentos, identificação de códigos, automação de processos empresariais e reconhecimento de placas veiculares (SMITH, 2007).

No contexto do trânsito e da mobilidade urbana, o OCR tornou-se uma das principais tecnologias utilizadas para a identificação automática de placas de veículos. O processo normalmente envolve a captura de imagens por meio de câmeras, seguida pela localização da placa na imagem e pelo reconhecimento dos caracteres presentes nela. Após a identificação da placa, as informações podem ser armazenadas em bancos de dados e utilizadas para diferentes finalidades, como controle de acesso, monitoramento de tráfego, fiscalização eletrônica e sistemas de segurança patrimonial. A precisão alcançada pelos sistemas modernos de OCR permite que sua utilização seja considerada uma alternativa viável aos processos manuais tradicionalmente empregados (SMITH, 2007).

A aplicação do OCR em estacionamentos oferece diversas vantagens operacionais. Entre elas destacam-se a redução do tempo necessário para a entrada e saída dos veículos, a eliminação da necessidade de preenchimento manual de informações e a diminuição dos custos relacionados à emissão de tickets físicos. Além disso, a identificação automática das placas possibilita maior controle sobre os veículos presentes no ambiente, contribuindo para o aumento da segurança e para a melhoria da gestão das operações realizadas no estacionamento (GONZALEZ; WOODS, 2010).

Outro aspecto relevante está relacionado à rastreabilidade das

informações. Em sistemas convencionais, a identificação de um veículo pode depender exclusivamente dos registros realizados por operadores ou dos comprovantes emitidos ao usuário. Em contrapartida, sistemas baseados em OCR permitem armazenar automaticamente a placa identificada, os horários de entrada e saída e as imagens capturadas durante o processo. Esse conjunto de informações proporciona maior confiabilidade aos registros e facilita a realização de consultas, auditorias e investigações quando necessário (SZELISKI, 2022).

Além da segurança e da automação, a integração entre sistemas de identificação veicular e plataformas de pagamento representa uma tendência crescente no setor de estacionamentos. A utilização de sistemas informatizados permite associar automaticamente os registros de entrada e saída dos veículos aos processos de cobrança, possibilitando a geração automática dos valores a serem pagos com base no tempo de permanência. Dessa forma, o gerenciamento financeiro torna-se mais eficiente e menos suscetível a erros operacionais, beneficiando tanto os administradores quanto os usuários do estacionamento (GONZALEZ; WOODS, 2010).

Com o avanço das bibliotecas de visão computacional e dos frameworks de inteligência artificial, tornou-se possível desenvolver soluções de baixo custo capazes de atender às necessidades de pequenos e médios estacionamentos. Ferramentas como OpenCV e mecanismos modernos de OCR permitem implementar sistemas capazes de realizar o reconhecimento automático de placas em tempo real utilizando equipamentos relativamente acessíveis. Essa evolução tecnológica tem ampliado as possibilidades de adoção dessas soluções em diferentes contextos, contribuindo para a modernização dos processos de controle de acesso veicular (BRADSKI; KAEHLER, 2008).

Diante desse cenário, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema de controle de acesso em estacionamentos utilizando OCR para identificação automática de placas de veículos. A solução será composta por duas câmeras, sendo uma posicionada na entrada e outra na saída do estacionamento, responsáveis pela captura das imagens dos veículos. A partir dessas imagens, técnicas de visão computacional serão empregadas para localizar as placas e realizar o reconhecimento automático dos caracteres. As informações obtidas serão armazenadas em banco de dados, permitindo o registro dos horários de entrada e saída, o cálculo do tempo de permanência dos

veículos e o armazenamento das imagens capturadas para fins de segurança e auditoria.

A proposta busca demonstrar a viabilidade da utilização de tecnologias de visão computacional e OCR na automação do controle de acesso em estacionamentos, apresentando uma solução capaz de reduzir a dependência de processos manuais, aumentar a segurança das operações e proporcionar maior eficiência na gestão do fluxo de veículos. Espera-se que os resultados obtidos contribuam para evidenciar os benefícios da aplicação dessas tecnologias em ambientes que demandam controle, monitoramento e rastreabilidade das informações relacionadas à movimentação veicular.

Diante dos desafios relacionados ao controle de acesso, segurança e gerenciamento de veículos em estacionamentos, este trabalho busca responder à seguinte questão de pesquisa: **como desenvolver um sistema de controle de acesso utilizando OCR para identificação automática de placas veiculares, capaz de registrar entradas e saídas de forma segura, eficiente e com mínima intervenção humana?**

O Capítulo 1 apresenta a introdução do trabalho, abordando a contextualização do tema, a justificativa para sua realização, os objetivos geral e específicos, bem como a contribuição da pesquisa para a área de estudo.

No Capítulo 2 são apresentados os conceitos teóricos que serviram de base para o projeto, abordando temas como controle de acesso em estacionamentos, visão computacional, processamento de imagens, reconhecimento óptico de caracteres (OCR) e reconhecimento de placas veiculares.

O Capítulo 3 descreve a metodologia utilizada e todo o processo de desenvolvimento da solução proposta, levantamento de requisitos, as tecnologias utilizadas, o funcionamento do sistema, os testes realizados e os resultados obtidos durante a implementação.

O Capítulo 4 apresenta as considerações finais do trabalho, mostrando os principais resultados alcançados e algumas possibilidades de melhorias para trabalhos futuros.

No Capítulo 5 apresenta as referências utilizadas para o desenvolvimento do trabalho.

1.1 JUSTIFICATIVA

O controle de acesso em estacionamentos é uma atividade essencial para garantir a organização, a segurança e a eficiência na gestão de veículos. Entretanto, muitos estabelecimentos ainda utilizam métodos tradicionais baseados em emissão de tickets, registros manuais ou conferência visual realizada por operadores. Esses procedimentos podem ocasionar falhas humanas, aumento do tempo de espera dos usuários, dificuldades no controle das informações e vulnerabilidades relacionadas à segurança.

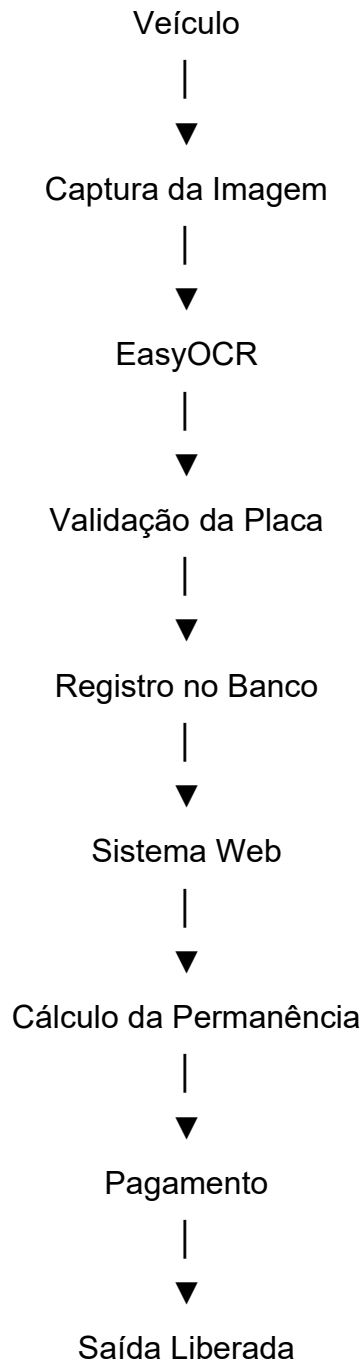
Com o avanço das tecnologias de visão computacional e reconhecimento óptico de caracteres (OCR), tornou-se possível automatizar processos que anteriormente dependiam exclusivamente da intervenção humana. A utilização dessas tecnologias permite identificar placas veiculares de forma automática, registrar horários de entrada e saída com maior precisão e manter um histórico confiável das movimentações realizadas no estacionamento.

Além dos benefícios operacionais, a automação do controle de acesso pode proporcionar redução de custos administrativos, aumento da segurança patrimonial e melhoria da experiência dos usuários. Dessa forma, a realização desta pesquisa justifica-se pela necessidade de investigar e desenvolver uma solução tecnológica capaz de otimizar o gerenciamento de estacionamentos por meio da identificação automática de placas veiculares, contribuindo para a modernização dos processos de controle e monitoramento de veículos.

1.2 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um sistema de controle de acesso para estacionamentos utilizando Reconhecimento Óptico de Caracteres (OCR) para identificação automática de placas veiculares, permitindo o registro automatizado da entrada e saída de veículos, o armazenamento das informações coletadas e o aumento da eficiência e segurança no gerenciamento do estacionamento.

Para facilitar a compreensão do funcionamento do sistema desenvolvido, o fluxograma a seguir apresenta as principais etapas executadas durante o processamento das informações, mostrando o fluxo desde a captura da imagem até o armazenamento dos dados e disponibilização das funcionalidades da aplicação.



1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar um estudo sobre técnicas de visão computacional e reconhecimento óptico de caracteres aplicadas à identificação de placas veiculares.
- Desenvolver um mecanismo para captura de imagens por meio de câmeras instaladas na entrada e na saída do estacionamento.
- Implementar o reconhecimento automático das placas utilizando tecnologia OCR.

- Registrar automaticamente os horários de entrada e saída dos veículos identificados.
- Armazenar em banco de dados as informações relacionadas às placas, horários e imagens capturadas.
- Calcular automaticamente o tempo de permanência dos veículos no estacionamento.
- Disponibilizar informações que permitam o gerenciamento e a consulta dos registros armazenados.
- Avaliar a eficiência do sistema desenvolvido quanto à precisão da identificação das placas e à automação do controle de acesso.

1.4 CONTRIBUIÇÃO DA PESQUISA

A presente pesquisa contribui para a aplicação prática de tecnologias de visão computacional e reconhecimento óptico de caracteres em ambientes de controle de acesso veicular. O desenvolvimento do sistema proposto demonstra como recursos tecnológicos acessíveis podem ser utilizados para automatizar processos tradicionalmente realizados de forma manual, reduzindo falhas operacionais e aumentando a eficiência dos serviços prestados.

Do ponto de vista acadêmico, o trabalho contribui para a disseminação do conhecimento relacionado à utilização de OCR e processamento de imagens em sistemas de monitoramento e identificação automática. Já sob a perspectiva prática, a solução desenvolvida poderá servir como modelo para implementação em estacionamentos de pequeno e médio porte, auxiliando gestores na modernização de seus processos e na melhoria da segurança e do controle das operações realizadas. Além disso, o estudo poderá servir como base para futuras pesquisas envolvendo inteligência artificial, reconhecimento de padrões e automação aplicada ao gerenciamento de veículos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONTROLE DE ACESSO EM ESTACIONAMENTOS

O controle de acesso em estacionamentos tem como finalidade organizar, registrar e monitorar a entrada e a saída de veículos em um determinado ambiente. Esse processo é fundamental para garantir segurança, controle operacional e rastreabilidade das movimentações realizadas no local. Em

sistemas tradicionais, esse controle geralmente ocorre por meio de tickets impressos, cartões magnéticos, cancelas operadas manualmente ou conferência visual feita por funcionários, o que pode gerar falhas humanas, lentidão no atendimento e dificuldades na recuperação de informações posteriormente (STALLINGS, 2018).

A modernização dos estacionamentos está diretamente relacionada à busca por soluções automatizadas capazes de reduzir a intervenção humana e aumentar a confiabilidade dos registros. Quando o controle de entrada e saída é realizado manualmente, podem ocorrer erros na anotação da placa, perda de comprovantes, divergência de horários e dificuldade de comprovação em situações de conflito. Dessa forma, a utilização de tecnologias computacionais contribui para tornar o processo mais seguro, rápido e eficiente (GONZALEZ; WOODS, 2010).

Em ambientes com grande fluxo de veículos, a automação torna-se ainda mais relevante, pois permite que as informações sejam registradas em tempo real e armazenadas de forma estruturada. Isso possibilita consultas posteriores, geração de relatórios, controle de permanência e integração com sistemas de pagamento. Assim, o controle de acesso deixa de ser apenas uma operação de entrada e saída e passa a fazer parte de um sistema completo de gestão do estacionamento (ELMASRI; NAVATHE, 2019).

2.2 VISÃO COMPUTACIONAL

A visão computacional é uma área da Ciência da Computação que estuda métodos e técnicas para permitir que sistemas computacionais interpretem imagens e vídeos. Seu objetivo é extrair informações úteis de dados visuais, possibilitando que computadores identifiquem objetos, padrões, formas, cores, movimentos e características específicas presentes em uma imagem. Essa área tem sido amplamente aplicada em reconhecimento facial, veículos autônomos, inspeção industrial, sistemas de segurança, monitoramento urbano e reconhecimento de placas veiculares (SZELISKI, 2022).

O funcionamento de um sistema de visão computacional normalmente envolve etapas como captura da imagem, pré-processamento, segmentação, extração de características e classificação. Cada uma dessas etapas contribui para transformar uma imagem bruta em informações compreensíveis para o

sistema. No caso do reconhecimento de placas, por exemplo, a imagem capturada pela câmera precisa ser analisada para localizar a região onde a placa se encontra, destacar seus caracteres e permitir que eles sejam reconhecidos por uma ferramenta de OCR (SZELISKI, 2022).

A utilização da visão computacional em estacionamentos é importante porque permite que o sistema identifique automaticamente elementos visuais relacionados aos veículos. Em vez de depender exclusivamente de um operador humano para observar e registrar a placa, o sistema pode capturar a imagem, processá-la e extrair dela a informação necessária para o controle de acesso. Essa automatização reduz falhas operacionais e contribui para maior padronização dos registros (BRADSKI; KAEHLER, 2008).

2.3 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

O processamento digital de imagens é uma etapa essencial em sistemas que utilizam visão computacional. Ele consiste na aplicação de técnicas computacionais para melhorar, transformar ou analisar imagens digitais. Entre seus objetivos estão a redução de ruídos, o aumento do contraste, a correção de iluminação, a detecção de bordas, a segmentação de objetos e a preparação da imagem para etapas posteriores de reconhecimento (GONZALEZ; WOODS, 2010).

Em sistemas de reconhecimento de placas veiculares, a qualidade da imagem influencia diretamente o resultado final do reconhecimento. Imagens capturadas em ambientes reais podem apresentar variações de iluminação, sombras, reflexos, inclinação da câmera, sujeira na placa, baixa resolução e ruídos. Por esse motivo, técnicas de processamento de imagens são utilizadas para melhorar a visualização dos caracteres e aumentar a precisão do OCR (GONZALEZ; WOODS, 2010).

Entre as técnicas mais utilizadas estão a conversão da imagem para escala de cinza, a aplicação de filtros para suavização, a binarização, a detecção de contornos e a segmentação da região de interesse. A conversão para escala de cinza reduz a complexidade da imagem, enquanto a binarização destaca os caracteres em relação ao fundo. Já a detecção de contornos auxilia na localização de regiões retangulares, como a área da placa do veículo (BRADSKI; KAEHLER, 2008).

A etapa de segmentação é especialmente importante porque permite separar a região da placa do restante da imagem. Após a identificação da área de interesse, o sistema pode recortar essa região e enviá-la para o mecanismo de OCR. Quanto mais adequada for a segmentação, maiores serão as chances de o reconhecimento dos caracteres ocorrer corretamente, principalmente em situações nas quais a imagem possui muitos elementos visuais ao redor do veículo (DU et al., 2013).

2.4 RECONHECIMENTO ÓPTICO DE CARACTERES (OCR)

O Reconhecimento Óptico de Caracteres, conhecido como OCR, é uma tecnologia utilizada para converter imagens que contêm texto em caracteres digitais editáveis e processáveis por sistemas computacionais. Essa tecnologia permite que informações presentes em documentos, placas, etiquetas, formulários, imagens e outros meios visuais sejam automaticamente transformadas em texto, possibilitando armazenamento, consulta e integração com outros sistemas (SMITH, 2007).

Inicialmente, o OCR foi amplamente utilizado para digitalização de documentos impressos, permitindo transformar páginas escaneadas em arquivos de texto. Com o avanço dos algoritmos de reconhecimento, essa tecnologia passou a ser aplicada também em ambientes mais complexos, como leitura de textos em cenas naturais, reconhecimento de documentos oficiais, leitura de códigos, automação bancária e identificação de placas veiculares. Essa evolução ampliou o uso do OCR para além de documentos estáticos, permitindo sua aplicação em imagens capturadas por câmeras em tempo real (BREUEL, 2008).

O funcionamento de um sistema OCR geralmente envolve várias etapas. A primeira etapa consiste na aquisição da imagem, que pode ser obtida por scanner, câmera ou outro dispositivo de captura. Em seguida, ocorre o pré-processamento, no qual são aplicadas técnicas para melhorar a qualidade da imagem, reduzir ruídos, corrigir inclinações e destacar o texto. Após isso, o sistema realiza a segmentação dos caracteres ou palavras e, por fim, aplica algoritmos de reconhecimento para converter os padrões visuais em caracteres digitais (SMITH, 2007).

A etapa de pré-processamento é uma das mais importantes no OCR, pois

a qualidade da imagem influencia diretamente a taxa de acerto do reconhecimento. Imagens com baixa iluminação, desfoque, sombras, ruídos ou caracteres distorcidos podem dificultar a identificação correta do texto. Por isso, em aplicações práticas, é comum utilizar filtros, binarização, correção de perspectiva e normalização antes de enviar a imagem para o mecanismo de reconhecimento (GONZALEZ; WOODS, 2010).

Outro fator importante no OCR é a segmentação dos caracteres. Em muitos casos, o sistema precisa separar letras e números individualmente antes de reconhecê-los. Essa etapa pode ser simples em documentos bem formatados, mas torna-se mais complexa em imagens capturadas em ambientes reais, onde podem existir variações de fonte, inclinação, iluminação e distância. No reconhecimento de placas veiculares, essas dificuldades são ainda mais evidentes, pois as placas podem estar sujas, parcialmente encobertas ou capturadas em diferentes ângulos (DU et al., 2013).

O Tesseract é um dos mecanismos de OCR mais conhecidos e utilizados em aplicações acadêmicas e comerciais. Originalmente desenvolvido pela Hewlett-Packard e posteriormente disponibilizado como ferramenta de código aberto, o Tesseract passou a ser mantido e aprimorado pela comunidade, tornando-se uma solução bastante utilizada para reconhecimento de caracteres em diferentes idiomas. Sua arquitetura permite realizar etapas de análise de layout, identificação de linhas, reconhecimento de palavras e classificação de caracteres (SMITH, 2007).

Além do Tesseract, outras ferramentas modernas de OCR passaram a utilizar técnicas baseadas em aprendizado profundo, como redes neurais convolucionais e redes recorrentes. Essas abordagens permitem reconhecer textos em imagens mais complexas e com maior variação visual, como placas em movimento, textos em ambientes externos e caracteres com diferentes estilos. Essa evolução é importante porque aproxima o OCR de aplicações reais, nas quais as condições de captura nem sempre são controladas (SZELISKI, 2022).

Ferramentas como EasyOCR surgem nesse contexto como alternativas práticas para o desenvolvimento de sistemas de reconhecimento textual em imagens. O EasyOCR utiliza modelos baseados em aprendizado profundo e oferece suporte a diversos idiomas, podendo ser integrado a aplicações em

Python. Sua utilização é vantajosa em projetos acadêmicos e protótipos por facilitar a implementação do reconhecimento de caracteres sem exigir que o desenvolvedor treine um modelo do zero (JAIDED AI, 2024).

No reconhecimento de placas veiculares, o OCR precisa lidar principalmente com caracteres alfanuméricos, compostos por letras e números. Embora as placas possuam um padrão visual relativamente definido, o processo de leitura pode ser afetado por fatores externos, como iluminação insuficiente, reflexo da luz, distância da câmera, velocidade do veículo, sujeira na placa e resolução da imagem capturada. Por esse motivo, o OCR deve ser utilizado em conjunto com técnicas de processamento de imagens e estratégias de validação do padrão da placa (DU et al., 2013).

No Brasil, as placas veiculares seguem padrões específicos de composição alfanumérica, incluindo o modelo antigo e o padrão Mercosul. Essa padronização pode auxiliar o sistema no processo de validação, pois permite verificar se o texto reconhecido corresponde a um formato válido de placa. Assim, mesmo que o OCR apresente pequenas imprecisões, regras de validação podem ser aplicadas para reduzir erros e melhorar a confiabilidade do sistema (BRASIL, 2018).

A aplicação de OCR em estacionamentos apresenta vantagens importantes, pois permite eliminar ou reduzir a necessidade de digitação manual da placa. Com isso, o sistema pode registrar automaticamente o veículo no momento da entrada, associando a placa ao horário e à imagem capturada. Na saída, o mesmo processo pode ser realizado para identificar o veículo, calcular o tempo de permanência e permitir a liberação após o pagamento ou validação do registro (DU et al., 2013).

Apesar dos benefícios, é importante destacar que o OCR não é uma tecnologia infalível. Seu desempenho depende diretamente da qualidade das imagens capturadas, da posição da câmera, da iluminação do ambiente e do tratamento aplicado às imagens. Dessa forma, em um projeto de controle de acesso, é necessário considerar não apenas o algoritmo de reconhecimento, mas também a posição adequada das câmeras, a resolução da imagem, o enquadramento da placa e as condições do ambiente (GONZALEZ; WOODS, 2010).

2.5 RECONHECIMENTO AUTOMÁTICO DE PLACAS VEICULARES

O reconhecimento automático de placas veiculares é conhecido internacionalmente como ALPR, sigla para Automatic License Plate Recognition. Essa tecnologia combina visão computacional, processamento digital de imagens e OCR para identificar veículos por meio da leitura automática de suas placas. O ALPR pode ser utilizado em diferentes contextos, como fiscalização de trânsito, pedágios automáticos, controle de estacionamentos, segurança patrimonial e monitoramento urbano (DU et al., 2013).

Um sistema ALPR geralmente é composto por quatro etapas principais: captura da imagem, localização da placa, segmentação dos caracteres e reconhecimento dos caracteres. A captura da imagem é realizada por câmeras instaladas em pontos estratégicos. Em seguida, algoritmos de processamento de imagens são aplicados para localizar a região da placa. Depois disso, os caracteres são separados ou destacados e, por fim, o OCR realiza a conversão da imagem da placa em texto (DU et al., 2013).

A localização da placa é uma das etapas mais críticas do processo, pois o reconhecimento só será bem-sucedido se a região correta for identificada na imagem. Em ambientes reais, essa tarefa pode ser dificultada pela presença de outros elementos visuais, como faróis, para-choques, grades, sombras e reflexos. Além disso, placas inclinadas ou parcialmente ocultas podem comprometer o processo de localização e reduzir a precisão do reconhecimento (ANAGNOSTOPOULOS et al., 2008).

Após a localização da placa, a etapa de segmentação busca separar os caracteres para facilitar a leitura. Essa separação pode ser realizada por técnicas tradicionais de processamento de imagens ou por modelos mais modernos baseados em aprendizado de máquina. A segmentação adequada é essencial porque caracteres unidos, borrados ou mal recortados podem gerar erros no OCR, como confusão entre letras e números semelhantes (ANAGNOSTOPOULOS et al., 2008).

O reconhecimento automático de placas é especialmente útil em estacionamentos porque permite associar a identidade do veículo aos registros de entrada e saída. Em vez de depender de um ticket físico, o próprio veículo passa a ser identificado pela placa. Isso reduz problemas como perda de comprovantes, troca de tickets e inconsistência de registros. Além disso, a placa

pode ser utilizada como chave de consulta no banco de dados do sistema (DU et al., 2013).

Em sistemas de estacionamento, o ALPR também pode ser integrado a cancelas automáticas, sistemas de pagamento e painéis administrativos. Quando o veículo entra no estacionamento, a placa é identificada e armazenada juntamente com o horário de entrada. No momento da saída, uma nova leitura é realizada, permitindo calcular o tempo de permanência e verificar se o pagamento foi efetuado. Dessa forma, o reconhecimento de placas torna-se parte central do processo de automação do estacionamento (ELMASRI; NAVATHE, 2019).

2.6 BANCO DE DADOS E ARMAZENAMENTO DAS INFORMAÇÕES

O banco de dados é responsável por armazenar de forma organizada as informações geradas pelo sistema. Em um estacionamento automatizado, essas informações podem incluir placa do veículo, imagem capturada, horário de entrada, horário de saída, tempo de permanência, valor calculado, status de pagamento e situação do veículo. O armazenamento estruturado desses dados permite que o sistema realize consultas, atualizações e relatórios de maneira eficiente (ELMASRI; NAVATHE, 2019).

A utilização de um Sistema Gerenciador de Banco de Dados permite garantir maior integridade e segurança às informações. Diferentemente de registros manuais ou arquivos simples, um banco de dados possibilita controlar relacionamentos entre tabelas, evitar duplicidade de informações, aplicar restrições de integridade e realizar consultas por meio de linguagem SQL. Esses recursos são importantes para manter a confiabilidade dos registros de entrada e saída dos veículos (RAMAKRISHNAN; GEHRKE, 2003).

No contexto do sistema proposto, o banco de dados pode ser utilizado para controlar o ciclo completo de permanência do veículo no estacionamento. Ao entrar, o veículo recebe um registro contendo placa, horário de entrada e imagem capturada. Ao sair, o sistema localiza o registro correspondente, adiciona o horário de saída, calcula o tempo de permanência e atualiza o status do veículo. Essa estrutura contribui para um controle mais preciso e organizado das operações (ELMASRI; NAVATHE, 2019).

Além do armazenamento das placas e horários, a preservação das

imagens capturadas também possui relevância para fins de segurança e auditoria. As imagens podem ser utilizadas para conferência em caso de erro de leitura, contestação de cobrança ou necessidade de verificação posterior. Dessa forma, o banco de dados e o sistema de arquivos devem ser planejados para permitir o armazenamento adequado das informações textuais e visuais geradas pelo sistema (RAMAKRISHNAN; GEHRKE, 2003).

2.7 TECNOLOGIAS APLICADAS AO DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

O desenvolvimento de sistemas de visão computacional pode ser realizado com diferentes linguagens e bibliotecas. A linguagem Python é amplamente utilizada nesse tipo de aplicação por possuir sintaxe simples, grande comunidade de usuários e ampla disponibilidade de bibliotecas voltadas ao processamento de imagens, inteligência artificial e manipulação de dados. Essa característica torna Python uma alternativa viável para prototipação e desenvolvimento de soluções acadêmicas e comerciais (LUTZ, 2013).

Entre as bibliotecas mais relevantes para visão computacional destaca-se o OpenCV. Essa biblioteca oferece recursos para captura de vídeo, manipulação de imagens, detecção de bordas, identificação de contornos, aplicação de filtros, transformação de imagens e análise visual. Por possuir ferramentas consolidadas e ampla documentação, o OpenCV é frequentemente utilizado em projetos que envolvem reconhecimento de objetos, processamento de imagens e análise de vídeos (BRADSKI, 2000).

No sistema proposto, o OpenCV pode ser utilizado para capturar imagens das câmeras, tratar os quadros obtidos e preparar a região da placa para o OCR. A biblioteca permite realizar operações como conversão para escala de cinza, redimensionamento, aplicação de filtros, detecção de contornos e recorte da região de interesse. Essas operações são importantes para melhorar a qualidade da imagem antes do reconhecimento dos caracteres (BRADSKI; KAEHLER, 2008).

A ferramenta de OCR, por sua vez, será responsável por converter a imagem da placa em texto. Dependendo da abordagem adotada, podem ser utilizadas ferramentas como Tesseract OCR ou EasyOCR. O Tesseract possui ampla utilização em pesquisas e aplicações de OCR, enquanto o EasyOCR oferece uma abordagem baseada em aprendizado profundo e integração

facilitada com Python. A escolha da ferramenta deve considerar a precisão desejada, o desempenho computacional e as características das imagens capturadas (SMITH, 2007).

A integração entre câmera, processamento de imagens, OCR e banco de dados forma a base tecnológica do sistema de controle de acesso em estacionamentos. Cada componente exerce uma função específica: a câmera captura a imagem, o processamento digital melhora a qualidade visual, o OCR identifica a placa e o banco de dados armazena os registros. Essa integração permite construir uma solução automatizada, capaz de controlar entrada e saída de veículos com maior segurança, agilidade e confiabilidade.

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, uma vez que busca utilizar conhecimentos científicos e tecnológicos para solucionar um problema prático relacionado ao controle de acesso em estacionamentos. Diferentemente das pesquisas puramente teóricas, a pesquisa aplicada possui como principal objetivo desenvolver soluções capazes de atender necessidades reais da sociedade por meio da utilização de métodos, técnicas e ferramentas tecnológicas.

Quanto à abordagem, a pesquisa pode ser classificada como qualitativa e experimental. O aspecto qualitativo está relacionado à análise do comportamento do sistema desenvolvido, avaliando sua capacidade de realizar a identificação automática das placas veiculares e registrar corretamente as informações relacionadas à movimentação dos veículos. Já o caráter experimental decorre da implementação e dos testes realizados durante o desenvolvimento do protótipo, permitindo avaliar o funcionamento da solução proposta em condições próximas às encontradas em um ambiente real de estacionamento.

Sob a perspectiva dos objetivos, a pesquisa enquadra-se como descritiva e tecnológica. É descritiva porque apresenta detalhadamente as etapas de desenvolvimento, funcionamento e utilização do sistema proposto. Também pode ser considerada tecnológica devido à aplicação de recursos computacionais modernos, incluindo visão computacional, processamento digital

de imagens, reconhecimento óptico de caracteres e integração com banco de dados para automação de processos.

O desenvolvimento da solução foi realizado utilizando a linguagem de programação Python, amplamente empregada em aplicações relacionadas à inteligência artificial, visão computacional e processamento de imagens. A escolha dessa linguagem ocorreu devido à grande disponibilidade de bibliotecas especializadas e à facilidade de integração entre diferentes componentes do sistema.

A proposta do trabalho consiste na criação de um sistema capaz de identificar automaticamente veículos por meio da leitura de suas placas utilizando OCR. O sistema utiliza câmeras posicionadas na entrada e na saída do estacionamento para capturar imagens dos veículos, processar essas imagens, identificar a placa e registrar automaticamente os horários de entrada e saída. Além disso, a solução armazena as informações coletadas em banco de dados e disponibiliza uma interface web para consulta e gerenciamento dos registros.

O processo de desenvolvimento foi dividido em etapas que envolveram levantamento de requisitos, modelagem da solução, implementação dos módulos responsáveis pelo processamento das imagens, integração com banco de dados, desenvolvimento da interface web e realização dos testes de funcionamento. Essa divisão permitiu maior organização do projeto e facilitou a validação individual de cada componente desenvolvido.

3.2 LEVANTAMENTO DE REQUISITOS

O levantamento de requisitos é uma das etapas mais importantes do desenvolvimento de software, pois é responsável por identificar as funcionalidades e características necessárias para atender aos objetivos do sistema. Durante essa etapa foram analisadas as necessidades relacionadas ao controle de acesso em estacionamentos, buscando identificar quais informações deveriam ser registradas e quais operações deveriam ser automatizadas.

A análise realizada demonstrou que os processos tradicionalmente utilizados em estacionamentos dependem de grande participação humana, especialmente para emissão de tickets, conferência de veículos e controle dos horários de entrada e saída. Essas atividades estão sujeitas a falhas

operacionais, atrasos e inconsistências nos registros. Dessa forma, foi definida a necessidade de desenvolver um sistema capaz de automatizar essas operações por meio da utilização de técnicas de visão computacional e OCR.

Além da automação dos registros, identificou-se a necessidade de armazenar imagens dos veículos e manter um histórico completo das movimentações realizadas. Essa funcionalidade é importante para aumentar a segurança do estacionamento e permitir auditorias posteriores quando necessário.

A partir dessa análise foram definidos os requisitos funcionais e não funcionais do sistema.

3.2.1 REQUISITOS FUNCIONAIS

O primeiro requisito funcional consiste na captura automática das imagens dos veículos que acessam o estacionamento. Para isso, uma câmera é posicionada na entrada e permanece monitorando continuamente a área de acesso. Quando um veículo é detectado, uma imagem é capturada e encaminhada para processamento.

O segundo requisito funcional corresponde à identificação automática da placa veicular. Após a captura da imagem, o sistema deve localizar a região da placa e aplicar técnicas de OCR para converter os caracteres presentes na imagem em texto digital.

Outro requisito fundamental refere-se ao registro automático dos horários de entrada. Sempre que uma placa for identificada pela câmera de entrada, o sistema deverá armazenar as informações relacionadas ao veículo, incluindo placa, data, horário e imagem capturada.

O sistema também deve realizar o monitoramento da saída dos veículos. Quando uma placa for identificada pela câmera posicionada na saída, o sistema deverá localizar o registro correspondente e atualizar as informações referentes à permanência do veículo.

Outro requisito importante consiste no cálculo automático do tempo de permanência. O sistema deve determinar o período durante o qual o veículo permaneceu estacionado, utilizando os horários de entrada e saída registrados.

Além disso, o sistema deverá realizar o cálculo automático do valor a ser pago pelo usuário, considerando as regras tarifárias previamente definidas.

O armazenamento das informações também constitui um requisito funcional essencial. Todos os dados coletados, incluindo placas reconhecidas, horários e imagens capturadas, devem ser armazenados em banco de dados para consultas futuras.

Por fim, o sistema deverá disponibilizar uma interface web que permita consultar registros, pesquisar veículos por placa e visualizar informações relacionadas às movimentações realizadas no estacionamento.

3.2.2 REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS

Um dos principais requisitos não funcionais está relacionado ao desempenho da aplicação. O processo de identificação das placas deve ocorrer em tempo reduzido, permitindo que o sistema registre as informações do veículo sem causar atrasos significativos na entrada ou saída do estacionamento.

Outro requisito importante refere-se à precisão do reconhecimento das placas. O sistema deve apresentar um nível satisfatório de acerto na identificação dos caracteres, minimizando a ocorrência de leituras incorretas que possam comprometer os registros armazenados.

A segurança das informações também foi considerada durante o desenvolvimento. Os dados armazenados devem permanecer protegidos contra alterações indevidas, garantindo a integridade dos registros de entrada e saída dos veículos.

A disponibilidade do sistema representa outro requisito relevante. Considerando que estacionamentos podem operar durante longos períodos ou até mesmo continuamente, a aplicação deve manter funcionamento estável e confiável durante sua utilização.

Além disso, o sistema deve apresentar facilidade de utilização, permitindo que usuários realizem consultas e operações básicas sem necessidade de treinamento avançado. Interfaces intuitivas contribuem para melhorar a experiência dos usuários e reduzir dificuldades operacionais.

Outro requisito importante está relacionado à escalabilidade da solução. Embora o protótipo tenha sido desenvolvido para fins acadêmicos, sua arquitetura deve permitir futuras expansões, incluindo integração com novos módulos, aumento da capacidade de armazenamento e suporte a múltiplas câmeras.

3.3 DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO

Após a definição dos requisitos funcionais e não funcionais, iniciou-se o desenvolvimento da solução proposta. O sistema foi construído com o objetivo de realizar o controle de acesso em estacionamentos por meio da identificação automática de placas veiculares utilizando Reconhecimento Óptico de Caracteres (OCR).

Durante a fase de testes, o sistema foi executado em ambiente doméstico, utilizando a câmera integrada do notebook como dispositivo de captura de imagem. Para simular a entrada de um veículo no estacionamento, foi posicionada uma imagem contendo uma placa veicular em frente à câmera. Dessa forma, foi possível validar o funcionamento do OCR, o reconhecimento da placa, a filtragem dos caracteres e o registro da entrada no sistema.

O módulo de OCR foi implementado na linguagem Python, utilizando a biblioteca EasyOCR para reconhecimento dos caracteres presentes nas imagens capturadas pela câmera. Além disso, foram utilizadas as bibliotecas OpenCV, para acesso à câmera e captura dos frames, Regex, para validação do padrão da placa, JSON, para armazenamento auxiliar dos resultados, Loguru, para geração de logs, e um repositório responsável pela comunicação com o banco de dados.

Diferentemente de abordagens que realizam inicialmente a localização da placa por meio de contornos ou recorte da região de interesse, o sistema desenvolvido realiza a leitura diretamente sobre o frame completo capturado pela câmera. A cada intervalo determinado de frames, a imagem capturada é enviada ao EasyOCR, que retorna os textos encontrados, suas respectivas coordenadas e o grau de confiança da leitura.

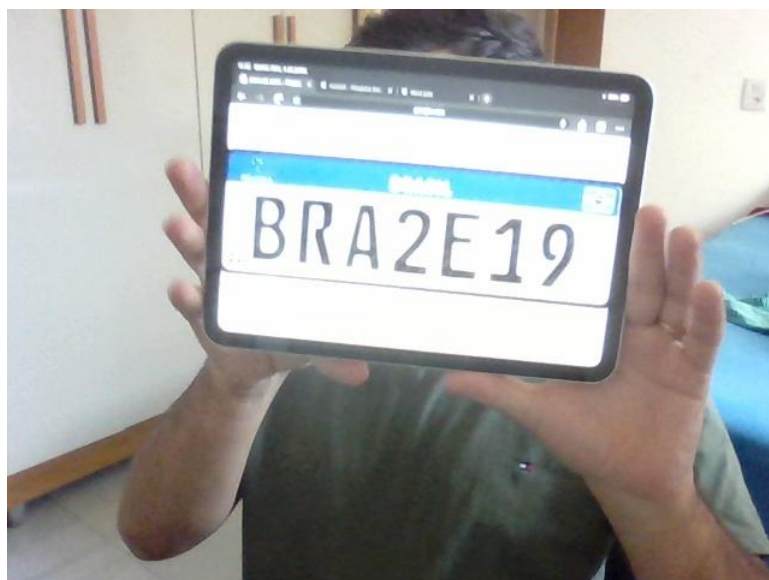
3.3.1 CAPTURA DAS IMAGENS

A primeira etapa do processo consiste na captura das imagens por meio da câmera do notebook. Para isso, foi utilizada a biblioteca OpenCV, por meio da função VideoCapture, responsável por inicializar o dispositivo de câmera e permitir a leitura contínua dos frames.

No sistema desenvolvido, a câmera é inicializada a partir do identificador padrão `camera_id=0`, que normalmente corresponde à câmera integrada do notebook. Após a abertura da câmera, o sistema entra em um laço de repetição contínuo, capturando os frames em tempo real.

Para evitar processamento excessivo e reduzir o consumo computacional, o OCR não é executado em todos os frames capturados. O sistema utiliza um intervalo configurável, definido pelo parâmetro `intervalo_frames=15`, de modo que a leitura da imagem ocorre apenas a cada 15 frames. Essa estratégia permite melhorar o desempenho da aplicação, mantendo o monitoramento ativo sem sobrecarregar o processamento.

A Figura 1 apresenta a captura da imagem realizada pela câmera do notebook durante os testes.



Fonte: Captura de tela do sistema desenvolvido.

3.3.2 LEITURA DO FRAME PELO EasyOCR

Após a captura do frame, a imagem é encaminhada para o método responsável pela leitura textual. Esse método utiliza o EasyOCR para identificar possíveis textos presentes na imagem capturada.

No sistema desenvolvido, o EasyOCR foi inicializado com suporte ao idioma inglês, por meio da configuração `easyocr.Reader(["en"])`. Essa escolha foi adequada ao projeto, pois as placas veiculares são compostas por caracteres alfanuméricos, ou seja, letras e números, não exigindo reconhecimento de palavras em língua portuguesa.

A leitura da imagem é realizada pelo método `readtext`, utilizando o decodificador `beamsearch`. Esse decodificador auxilia o mecanismo de reconhecimento na escolha das sequências de caracteres mais prováveis, retornando os textos encontrados no frame juntamente com o grau de precisão da leitura.

Caso ocorra algum erro durante a leitura da imagem, o sistema registra a falha por meio da biblioteca Loguru e retorna uma lista vazia, evitando a interrupção da execução do programa.

3.3.3 FILTRAGEM E TRATAMENTO DO TEXTO RECONHECIDO

Após a leitura da imagem, o EasyOCR pode retornar diferentes textos encontrados no frame. Como o objetivo do sistema é identificar exclusivamente placas veiculares, foi necessário implementar uma etapa de filtragem dos resultados obtidos.

Inicialmente, cada texto reconhecido passa por um tratamento para remoção de espaços e hífen. Em seguida, o conteúdo é convertido para letras maiúsculas, padronizando o formato da informação antes da validação.

Além do texto reconhecido, o sistema também analisa o grau de precisão retornado pelo EasyOCR. Apenas leituras com precisão superior a 0,75 são consideradas válidas para as próximas etapas. Esse critério foi definido para reduzir a possibilidade de registros incorretos causados por leituras de baixa confiabilidade.

A Figura 2 apresenta um exemplo de texto extraído pelo OCR e sua respectiva precisão.

2026-06-04 13:56:44.786	INFO	OCR.placa_ocr:filtrar_placa:35 - Texto extraído: BRAZE19 Precisão: 0,84
2026-06-04 13:56:44.789	INFO	OCR.placa_ocr:salvar_imagem_placa:56 - Imagem original salva em: images\BRAZE19_20260604_135644.jpg
2026-06-04 13:56:44.791	INFO	OCR.placa_ocr:salvar_resultado_ocr:106 - Resultado OCR salvo em: images\ocr\ocr_BRAZE19_20260604_135644.jpg
2026-06-04 13:56:44.815	SUCCESS	OCR.placa_ocr:processar_camera:154 - Entrada registrada: BRAZE19

Fonte: Captura de tela do sistema desenvolvido.

3.3.4 VALIDAÇÃO DO PADRÃO DA PLACA

Após o tratamento do texto, o sistema realiza a validação do padrão da placa por meio de expressão regular. Essa etapa tem como objetivo verificar se o texto reconhecido corresponde ao formato esperado para placas veiculares brasileiras.

A expressão regular utilizada no sistema foi definida da seguinte forma:

`^[A-Z]{3}[0-9][0-9A-Z][0-9]{2}$`

Esse padrão permite validar placas compostas por três letras, seguidas por um número, um caractere que pode ser número ou letra, e dois números finais. Dessa forma, o sistema contempla os formatos utilizados no Brasil, tanto o formato tradicional quanto o padrão Mercosul, que possui uma letra na quinta posição.

Somente os textos que atendem ao padrão definido e possuem precisão superior ao limite estabelecido são considerados placas válidas. Caso nenhum texto reconhecido atenda a essas condições, o sistema ignora a leitura e continua monitorando novos frames da câmera

3.3.5 CONTROLE DE PLACAS DETECTADAS

Quando uma placa válida é identificada, o sistema verifica se ela já foi detectada anteriormente durante a execução. Para isso, é utilizado um dicionário em memória responsável por armazenar as placas reconhecidas e suas respectivas precisões.

Caso a mesma placa seja reconhecida novamente com uma precisão maior do que a leitura anterior, o sistema atualiza o valor armazenado. Essa estratégia permite manter o melhor resultado obtido para cada placa durante a execução do OCR.

Esse controle também evita que leituras repetidas sejam tratadas de forma desorganizada, uma vez que a câmera permanece capturando frames continuamente. Assim, o sistema consegue monitorar a placa apresentada em frente à câmera e preservar a leitura de maior confiabilidade.

3.3.6 REGISTRO DE ENTRADA NO BANCO DE DADOS

Após a identificação e validação da placa, o sistema encaminha a informação para o repositório responsável pelo registro da entrada no banco de dados.

No código desenvolvido, essa operação é realizada por meio do método `registrar_entrada(placa)`, pertencente à classe `EstacionamentoRepositorio`. Esse método é responsável por verificar se a placa já possui um registro ativo no estacionamento e, caso não exista, criar um novo registro de entrada.

Quando o registro é realizado com sucesso, o sistema exibe uma mensagem informando que a entrada foi registrada. Caso a placa já esteja registrada como presente no estacionamento, o sistema emite um aviso informando que o veículo já se encontra no local, evitando duplicidade de registros.

A Figura 3 apresenta um exemplo do registro de entrada realizado pelo sistema.

id	placa	dataHoraEntrada	ativoEstac	pago	dataHoraPagamento	mercadoPagoPreferenceId	mercadoPagoPaymentId	statusPagamento	valorPago
Fil...	Filtro	Filtro	Filtro	Filtro	Filtro	Filtro	Filtro	Filtro	Filtro
1	BRA2E19	2026-06-04 13:56:44.805298	1	0	NULL	NULL	NULL	pendente	NULL

Fonte: Captura de tela do sistema desenvolvido.

3.3.7 GERAÇÃO DO ARQUIVO JASON

Quando a leitura é encerrada, a câmera é liberada e o sistema gera automaticamente um arquivo no formato JSON contendo as placas detectadas durante a execução e suas respectivas precisões.

O arquivo é nomeado com base na data e no horário da execução, utilizando o padrão `plates_realtime_ano_mes_dia_hora_minuto_segundo.json`. Esse arquivo funciona como um registro auxiliar dos resultados obtidos pelo OCR durante os testes.

3.3.8 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS TESTES REALIZADOS

Os testes realizados em ambiente doméstico permitiram validar o funcionamento inicial do módulo de OCR e sua integração com o registro de entrada no banco de dados. Embora o ambiente utilizado não represente integralmente um estacionamento real, ele foi suficiente para comprovar a viabilidade da leitura automática da placa, da validação do padrão alfanumérico e do armazenamento das informações reconhecidas.

Durante os testes, observou-se que a qualidade da imagem apresentada à câmera influencia diretamente o resultado da leitura. Fatores como distância entre a placa e a câmera, iluminação do ambiente, nitidez da imagem e posicionamento da placa impactam a precisão retornada pelo OCR.

Dessa forma, a etapa experimental demonstrou que o sistema possui potencial para aplicação em cenários reais, desde que sejam consideradas melhorias futuras relacionadas ao posicionamento das câmeras, iluminação do ambiente, qualidade da captura e tratamento prévio das imagens.

A Figura 4 apresenta a tela inicial do sistema desenvolvido. Essa interface funciona como ponto central de interação do usuário com a aplicação, permitindo a consulta de veículos por meio da placa e o acompanhamento da ocupação do estacionamento em tempo real. Na parte superior são exibidas informações referentes à quantidade de vagas disponíveis e ao total de vagas cadastradas no estacionamento, possibilitando uma visão rápida da capacidade atual do local. Na parte inferior encontra-se o campo destinado à inserção da placa do

veículo, onde o usuário pode realizar consultas relacionadas à permanência do veículo no estacionamento. Após informar a placa e acionar o botão **Consultar**, o sistema realiza uma busca no banco de dados e apresenta as informações correspondentes ao veículo, incluindo dados relacionados ao registro de entrada, tempo de permanência e situação do pagamento. Essa tela foi desenvolvida com uma interface simples e intuitiva, buscando facilitar a utilização do sistema e proporcionar uma melhor experiência ao usuário.

A Figura 4 apresenta a tela inicial do sistema.



Fonte: Captura de tela do sistema desenvolvido.

A Figura 5 apresenta a tela de pagamento do sistema desenvolvido. Essa interface é exibida após a consulta de um veículo que possui um registro ativo no estacionamento. Nela são apresentadas as principais informações relacionadas à permanência do veículo, incluindo a placa identificada pelo sistema, a data e horário de entrada, o tempo de permanência calculado automaticamente e o valor total a ser pago. O cálculo do valor é realizado com base no tempo em que o veículo permaneceu no estacionamento, permitindo que a cobrança seja efetuada de forma automatizada. Após a conferência das informações, o usuário pode realizar o pagamento por meio da integração com a plataforma Mercado Pago, acionando o botão **Pagar com Mercado Pago**. Além disso, a tela disponibiliza uma opção para retornar à consulta anterior.

A Figura 5 apresenta a tela após o cliente digitar sua placa.

Pagamento do Estacionamento

PLACA
BRA2E19

ENTRADA
04/06/2026 13:56

TEMPO DE PERMANÊNCIA
0h 31min

VALOR TOTAL
R\$ 5.0

Pagar com Mercado Pago

[← Voltar para consulta](#)

Fonte: Captura de tela do sistema desenvolvido.

A Figura 6 apresenta a tela de pagamento do Mercado Pago.

Como você prefere pagar?

Com sua conta Mercado Pago **COMPRA GARANTIDA**
Devolvemos seu dinheiro se você não receber o pacote.

- Entrar com a minha conta
- Usar o app do Mercado Pago

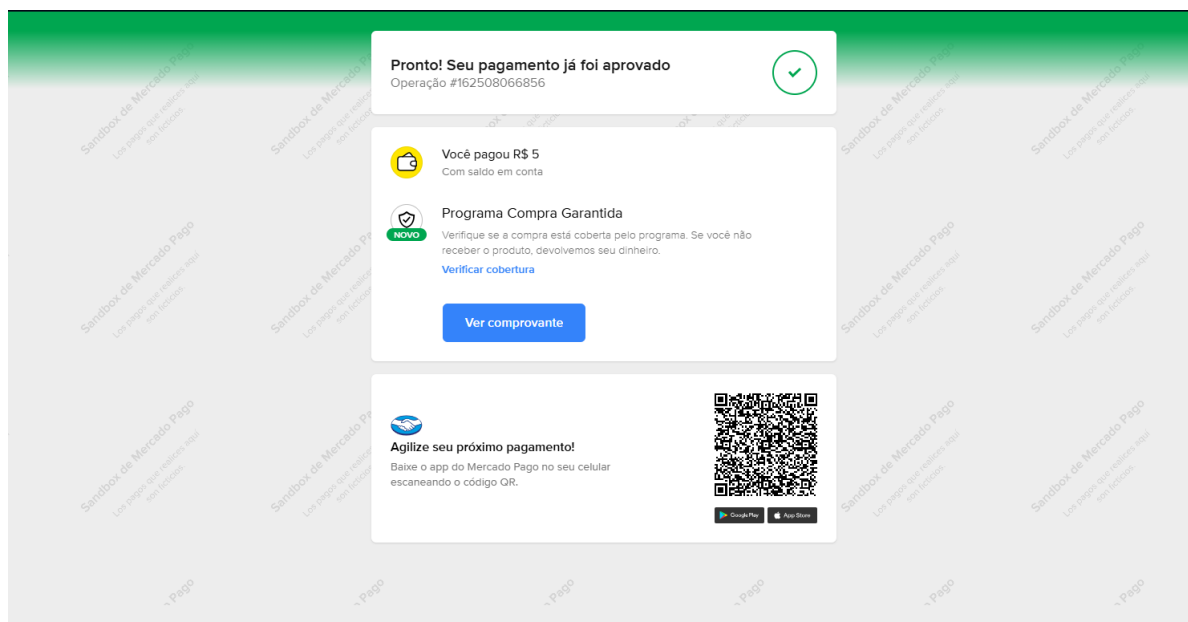
Sem conta Mercado Pago
NÃO INCLUI COMPRA GARANTIDA

- Cartão
Crédito ou pré-pago
- 2 cartões de crédito
- Boleto
- Cartão de Débito Virtual CAIXA

Detalhes do pagamento
Estacionamento - Placa BRA2E19 R\$ 5

Fonte: Captura de tela do sistema desenvolvido.

A Figura 7 apresenta a tela de pagamento aprovado do mercado pago.



Fonte: Captura de tela do sistema desenvolvido.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O crescimento da utilização de veículos e a necessidade de maior eficiência no gerenciamento de estacionamentos têm impulsionado a busca por soluções tecnológicas capazes de automatizar processos tradicionalmente realizados de forma manual. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver um sistema de controle de acesso em estacionamentos utilizando Reconhecimento Óptico de Caracteres (OCR) para identificação automática de placas veiculares.

Para alcançar esse objetivo, foram estudados conceitos relacionados à visão computacional, processamento digital de imagens, reconhecimento óptico de caracteres e reconhecimento automático de placas veiculares. A fundamentação teórica permitiu compreender o funcionamento dessas tecnologias e sua aplicação em sistemas de controle de acesso, servindo como base para o desenvolvimento da solução proposta.

O sistema desenvolvido foi implementado utilizando a linguagem Python, juntamente com bibliotecas especializadas em visão computacional e reconhecimento de caracteres. A solução foi capaz de capturar imagens por meio da câmera do notebook, identificar automaticamente placas veiculares presentes nas imagens, validar o formato das placas reconhecidas e registrar as informações obtidas em banco de dados. Além disso, foram desenvolvidos

mecanismos para controle dos registros de entrada dos veículos e armazenamento dos resultados obtidos durante a execução dos testes.

Os experimentos realizados permitiram validar o funcionamento da solução proposta. Mesmo sendo executados em ambiente doméstico, utilizando a câmera integrada do notebook e imagens de placas posicionadas em frente ao dispositivo de captura, os resultados demonstraram a viabilidade da utilização do OCR como ferramenta de automação para controle de acesso veicular. Os testes evidenciaram que a tecnologia é capaz de reconhecer placas automaticamente e reduzir a necessidade de registros manuais, contribuindo para maior agilidade e confiabilidade no processo de identificação dos veículos.

Durante o desenvolvimento do projeto também foi possível observar a influência de fatores externos na qualidade do reconhecimento, como iluminação do ambiente, posicionamento da câmera, distância entre a placa e o dispositivo de captura e qualidade da imagem utilizada. Esses fatores impactam diretamente a precisão do OCR e devem ser considerados em implementações realizadas em ambientes reais.

De modo geral, os resultados obtidos demonstram que o objetivo proposto foi alcançado, uma vez que foi possível desenvolver uma solução funcional capaz de realizar a identificação automática de placas veiculares e registrar as informações necessárias para o controle de acesso em estacionamentos. Dessa forma, o trabalho contribui para demonstrar a aplicabilidade das técnicas de visão computacional e OCR na automação de processos relacionados ao gerenciamento de veículos, além de servir como base para futuras evoluções da solução desenvolvida.

4.1 PERSPECTIVAS PARA ESTUDOS FUTUROS

Embora os resultados obtidos tenham sido satisfatórios para os objetivos definidos neste trabalho, existem diversas possibilidades de aprimoramento que podem ser exploradas em pesquisas futuras.

Uma das principais melhorias consiste na realização de testes em ambientes reais de estacionamento, utilizando câmeras instaladas em áreas de entrada e saída de veículos. Essa abordagem permitiria avaliar o comportamento do sistema em situações mais próximas das condições encontradas na prática, incluindo diferentes níveis de iluminação, variações climáticas, movimentação dos veículos e presença de múltiplos elementos visuais na cena.

Outra possibilidade de evolução está relacionada à implementação de algoritmos específicos para localização automática da placa antes da execução do OCR. Atualmente, o reconhecimento é realizado diretamente sobre a imagem completa capturada pela câmera. A inclusão de uma etapa dedicada à detecção da região da placa pode contribuir para aumentar a precisão do reconhecimento e reduzir a ocorrência de leituras incorretas.

Também pode ser considerada a utilização de modelos mais avançados de inteligência artificial e aprendizado profundo para reconhecimento de placas veiculares. Redes neurais treinadas especificamente para esse tipo de aplicação podem apresentar desempenho superior em cenários com baixa iluminação, reflexos, inclinações da placa e imagens de menor qualidade.

Outra perspectiva relevante consiste na integração do sistema com cancelas automáticas, permitindo que a identificação da placa seja utilizada para liberar automaticamente o acesso dos veículos. Essa funcionalidade aproximaria a solução de sistemas comerciais utilizados atualmente em estacionamentos de grande porte.

Além disso, futuras versões do sistema podem incorporar recursos de monitoramento em tempo real, emissão de relatórios gerenciais, notificações automáticas, integração com aplicativos móveis e mecanismos avançados de consulta aos registros armazenados.

Por fim, destaca-se a possibilidade de ampliar a integração com plataformas de pagamento eletrônico, permitindo que todo o processo de entrada, permanência, cobrança e saída do veículo seja realizado de forma totalmente automatizada. Essa evolução contribuiria para aumentar a eficiência operacional do estacionamento e melhorar a experiência dos usuários, consolidando o uso de tecnologias de visão computacional e OCR como ferramentas importantes para a modernização dos sistemas de controle de acesso veicular.

5 REFERÊNCIAS

ANAGNOSTOPOULOS, Christos-Nikolaos E.; ANAGNOSTOPOULOS, Ioannis E.; PSOROULAS, Ioannis D.; LOUMOS, Vassili; KAYAFAS, Eleftherios. License plate recognition from still images and video sequences: a survey. **IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems**, v. 9, n. 3, p. 377-391, 2008.

BRADSKI, Gary. The OpenCV Library. **Dr. Dobb's Journal of Software Tools**, v. 25, n. 11, p. 120-125, 2000.

BRADSKI, Gary; KAEHLER, Adrian. **Learning OpenCV: computer vision with the OpenCV library**. Sebastopol: O'Reilly Media, 2008.

BRASIL. Conselho Nacional de Trânsito. **Resolução nº 729, de 6 de março de 2018**. Estabelece sistema de placas de identificação de veículos no padrão Mercosul. Brasília: CONTRAN, 2018.

BRASIL. Secretaria Nacional de Trânsito. **Frota de veículos do Brasil**. Brasília: SENATRAN, 2023.

BREUEL, Thomas M. The OCRopus open source OCR system. In: **Document Recognition and Retrieval XV**. San Jose: SPIE, 2008.

DU, Shan; IBRAHIM, Mahmoud; SHEHATA, Mohamed; BADAWY, Wael. Automatic License Plate Recognition (ALPR): a state-of-the-art review. **IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology**, v. 23, n. 2, p. 311-325, 2013.

ELMASRI, Ramez; NAVATHE, Shamkant B. **Fundamentals of Database Systems**. 7. ed. Boston: Pearson, 2016.

GONZALEZ, Rafael C.; WOODS, Richard E. **Processamento digital de imagens**. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

JAIDED AI. **EasyOCR: ready-to-use OCR with 80+ supported languages**. 2024. Disponível em: <https://github.com/JaidedAI/EasyOCR>. Acesso em: 2 jun. 2026.

LUTZ, Mark. **Learning Python**. 5. ed. Sebastopol: O'Reilly Media, 2013.

RAMAKRISHNAN, Raghu; GEHRKE, Johannes. **Database Management Systems**. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 2003.

SMITH, Ray. An overview of the Tesseract OCR engine. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON DOCUMENT ANALYSIS AND RECOGNITION, 9., 2007.** Proceedings [...]. Washington: IEEE Computer Society, 2007. p. 629-633.

STALLINGS, William. **Effective Cybersecurity: a guide to using best practices and standards.** Boston: Addison-Wesley, 2018.

SZELISKI, Richard. **Computer Vision: algorithms and applications.** 2. ed. Cham: Springer, 2022.