

SISTEMA DE MONITORAMENTO EM ESTACIONAMENTOS UTILIZANDO VISÃO COMPUTACIONAL PARA ANALISE DE PERMANÊNCIA SUSPEITA

PARKING MONITORING SYSTEM USING COMPUTER VISION FOR
SUSPICIOUS DWELL TIME ANALYSIS

Ciências Exatas e da Terra • 04/04/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/775276479](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/775276479)

Gabriel Thalles da Silva Chagas¹

Jean Mark Lobo de Oliveira²

Jonathan da Silva Santiago³

Marcos Antônio Soares Maia⁴

RESUMO

Este trabalho apresenta um sistema voltado ao monitoramento de estacionamentos utilizando visão computacional como base para acompanhar o uso das vagas e entender como os veículos se comportam ao longo do tempo, a proposta foi construída a partir de um fluxo que inicia na captura das imagens e segue com a identificação dos veículos, o acompanhamento contínuo dos movimentos e a análise das informações geradas, permitindo que dados visuais sejam organizados de maneira mais prática de interpretar, com isso torna-se possível observar o tempo que cada veículo permanece no local, perceber como as vagas são ocupadas em diferentes momentos e notar variações que acontecem conforme o fluxo de entrada e saída de veículos, o funcionamento do sistema mostra que essa abordagem consegue acompanhar mudanças no ambiente de forma consistente, oferecendo uma leitura mais clara do que está acontecendo no estacionamento e ajudando a lidar com situações em que há movimentação constante e necessidade de acompanhamento mais detalhado

Palavras-chave: Visão computacional, estacionamento, detecção de veículos, rastreamento, permanência, comportamento, automação.

ABSTRACT

This work presents the development of a parking monitoring system based on computer vision techniques, aiming to track parking space occupancy and analyze vehicle behavior over time. The proposal is structured as a workflow that begins with image capture, followed by vehicle detection, movement tracking, and analysis of the generated data. From this process, visual information is organized in a way that facilitates its interpretation, enabling the identification of vehicle dwell time, parking occupancy patterns, and variations in entry and exit flow. The results demonstrate that the system is

capable of consistently monitoring environmental changes, providing a clearer understanding of parking dynamics and supporting the management of high-turnover scenarios.

Keywords: Computer vision; parking; vehicle detection; tracking; dwell time; behavior analysis; automation.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento das cidades nas últimas décadas trouxe mudanças significativas na forma como os espaços urbanos são utilizados no cotidiano, e com o aumento constante da quantidade de veículos circulando diariamente surgem também novos desafios relacionados à organização de áreas destinadas ao estacionamento, pois em muitos locais como universidades centros comerciais e espaços públicos o controle das vagas ainda depende em grande parte da observação humana ou de registros simples realizados manualmente, o que muitas vezes não é suficiente para acompanhar todas as situações que ocorrem ao longo do dia, principalmente quando há grande movimentação de veículos ou permanência prolongada em determinadas vagas, situação que acaba dificultando a identificação de usos irregulares ou comportamentos fora do padrão, e por esse motivo começa a crescer o interesse pela utilização de tecnologias capazes de auxiliar nesse tipo de monitoramento, entre elas a visão computacional, que permite que câmeras e sistemas computacionais interpretem imagens automaticamente e identifiquem elementos presentes no ambiente como veículos e sua movimentação dentro do espaço monitorado.

Nos últimos anos as pesquisas na área de visão computacional avançaram de maneira considerável principalmente com o

desenvolvimento de técnicas baseadas em aprendizado profundo que permitem reconhecer objetos em imagens e vídeos com níveis de precisão cada vez maiores, o que tem ampliado as possibilidades de aplicação dessas tecnologias em diferentes contextos ligados ao monitoramento e à análise de ambientes urbanos, e estudos recentes mostram que métodos desse tipo podem ser utilizados para identificar veículos acompanhar movimentações e até observar padrões de comportamento em espaços monitorados, algo que tem sido explorado em diferentes aplicações relacionadas à mobilidade e segurança, demonstrando que o processamento automático de imagens pode se tornar um recurso relevante para apoiar atividades de observação em locais como estacionamentos e áreas de circulação de veículos (REZATOFIGHI et al., 2021; ZHANG et al., 2022).

Considerando esse cenário o presente trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema de monitoramento inteligente voltado para estacionamentos utilizando técnicas de visão computacional com o objetivo de identificar veículos acompanhar o tempo de permanência nas vagas e registrar situações que possam indicar comportamentos considerados suspeitos dentro do ambiente analisado, utilizando imagens capturadas por câmeras para realizar o reconhecimento automático dos veículos e acompanhar sua permanência no espaço ao longo do tempo, permitindo que o sistema registre possíveis irregularidades ou padrões incomuns de movimentação, além de demonstrar como ferramentas de processamento de imagens associadas a técnicas de inteligência artificial podem auxiliar na gestão desses espaços contribuindo para melhorar a organização do ambiente e oferecer apoio às atividades de monitoramento em locais onde o acompanhamento manual nem sempre consegue observar todas as situações que acontecem no cotidiano.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os principais conceitos que dão suporte ao desenvolvimento deste trabalho, abordando temas relacionados à visão computacional, detecção e rastreamento de objetos, além do uso de técnicas de análise de dados aplicadas ao monitoramento de ambientes. Esses fundamentos ajudam a compreender como as tecnologias utilizadas se conectam e de que forma contribuem para a construção de sistemas capazes de interpretar imagens e extrair informações relevantes de maneira automatizada.

2.1. Visão Computacional no Monitoramento Automatizado

A visão computacional define-se, essencialmente, pela capacidade de sistemas interpretarem vídeos e imagens de forma autônoma. No dia a dia de ambientes com fluxo intenso, como os estacionamentos, essa tecnologia torna-se vital por eliminar a dependência de um operador humano atento em tempo integral. O volume de dados gerados nesses locais é massivo, o que tornaria o monitoramento manual ineficiente e propenso a falhas. Hoje, graças ao avanço do *deep learning*, os modelos computacionais conseguem ignorar interferências como sombras ou mudanças bruscas de iluminação, garantindo análises muito mais confiáveis. Marques et al. (2021) e Silva et al. (2022) já discutiam como essa evolução no reconhecimento visual permite monitorar ambientes dinâmicos com a precisão que vemos atualmente.

2.2. Detecção e o Rastreamento Veicular

Monitorar um veículo envolve duas etapas distintas: primeiro a detecção na cena e, em seguida, o rastreamento de sua trajetória. O objetivo aqui vai além de saber que o carro está lá; o sistema precisa

entender exatamente para onde ele se desloca. Obviamente, o processo não está livre de falhas. Problemas como iluminação precária e a proximidade excessiva entre os carros a chamada oclusão costumam confundir os algoritmos de visão. Para contornar esses gargalos, Oliveira et al. (2020) sugerem o uso de redes neurais otimizadas para o processamento em tempo real. O segredo da consistência, segundo Souza et al. (2020), reside em manter a identidade do objeto preservada entre um quadro e outro. Essa ideia também é defendida por Pereira et al. (2022) e Costa et al. (2021) como um pilar para a estabilidade do monitoramento.

2.3. Análise de Comportamento e Tempo de Permanência

Quando o rastreamento opera com eficiência, abrem-se portas para extrair informações estratégicas, como o tempo exato de permanência de cada veículo ou a frequência com que determinadas vagas são ocupadas. Em um estacionamento, isso ajuda a mapear como o espaço é utilizado na prática, permitindo identificar tanto comportamentos padrão quanto anomalias. Analisar esses dados ao longo de semanas revela tendências e padrões de uso que passariam despercebidos em uma observação isolada de apenas um dia. O uso inteligente de históricos, conforme pontuado por Lima et al. (2021), é o que realmente diferencia um monitoramento passivo de um sistema inteligente de controle. Rocha et al. (2022) complementam que, ao processar essas sequências temporais, o modelo aprende inclusive a sinalizar desvios de conduta suspeitos.

2.4. IA Aplicada à Segurança e Gestão de Cidades

A inteligência artificial trouxe a automação necessária para que a gestão urbana deixe de ser apenas reativa. No setor de estacionamentos, isso se traduz em um controle de ocupação dinâmico e suporte imediato à decisão dos gestores. Basicamente, a IA "limpa" o dado visual bruto e o entrega de forma estruturada, seja em alertas em tempo real ou relatórios de fluxo. Segundo Gomes (2021) destaca que essa transição tecnológica é um marco na automação, enquanto Andrade et al. (2022) focam na eficiência prática que isso gera para a organização das cidades. Estudos mais recentes, como os de Santos et al. (2023), mostram que a tendência global é a adoção de sistemas cada vez mais comuns, escaláveis e menos dependentes de infraestrutura física pesada.

2.5. Tecnologias Emergentes - Iot e Nuvem

As soluções mais modernas de monitoramento já não funcionam de maneira isolada. Elas dependem da integração entre visão computacional, Internet das Coisas (IoT) e computação em nuvem para criar uma arquitetura robusta. Essa união de forças permite que o processamento seja ininterrupto e que o sistema responda quase instantaneamente a qualquer evento no ambiente. Oliveira (2021) ressalta que o uso de modelos leves e eficientes é a chave para gerenciar essa carga imensa de dados sem travamentos. O caminho para o futuro, apontado por Nunes et al. (2022) e Almeida et al. (2023), indica que os sistemas não irão apenas monitorar o presente, mas aprender com o passado para prever demandas e fluxos em ambientes urbanos cada vez mais complexos.

3. METODOLOGIA

O ciclo operacional do sistema de controle inicia-se na camada física, onde a disposição das câmeras de vigilância define a qualidade do dado de entrada. Como observado na Figura 1, o posicionamento dos sensores em pontos elevados é planejado para oferecer uma visão estratégica das vagas, buscando o melhor ângulo para minimizar zonas cegas e oclusões causadas por veículos de maior porte. Esta etapa de Captura de Imagens vai além do simples registro visual; ela estabelece a fundação geométrica necessária para que os algoritmos de visão computacional projetem as coordenadas das vagas sobre o plano da imagem. O fluxo de vídeo gerado é transmitido em tempo real para um núcleo de processamento, onde os quadros são estabilizados e preparados para as camadas de inteligência artificial, garantindo que sombras, reflexos no piso ou variações na iluminação interna do pátio não degradem a precisão da análise técnica subsequente.

Figura 1. Fluxograma das etapas operacionais do sistema de monitoramento.



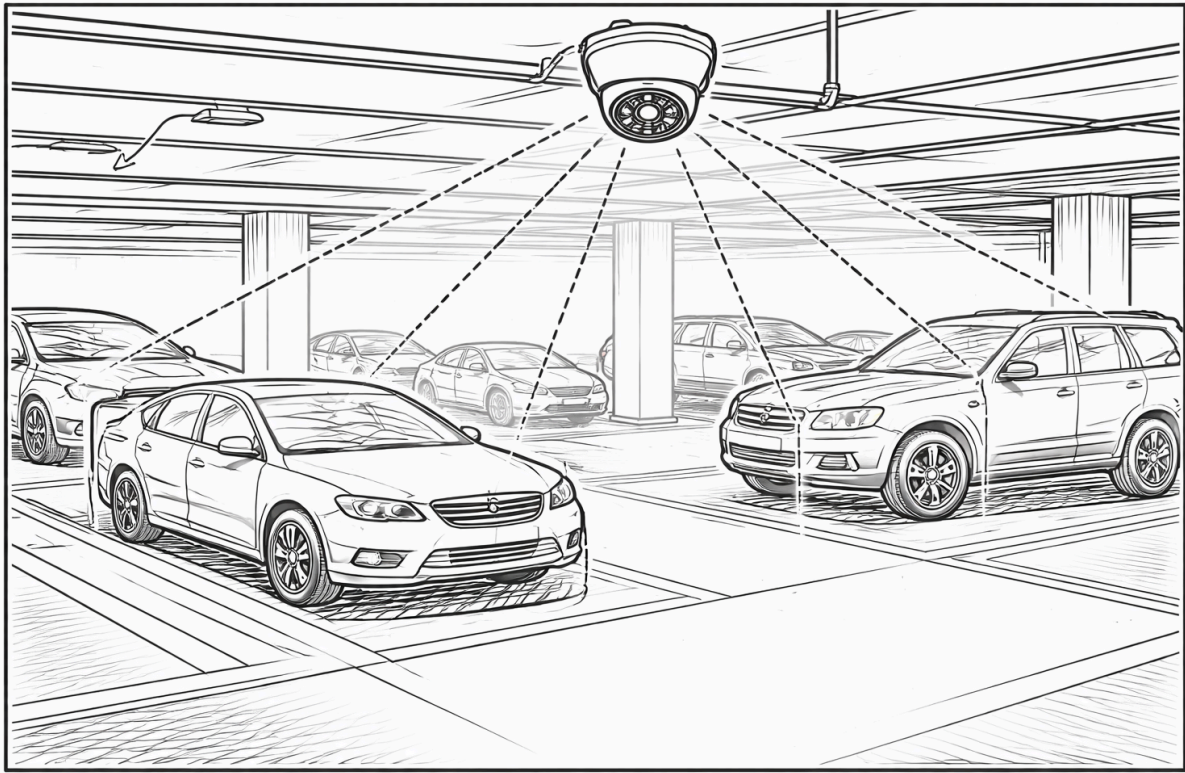
Fonte: Autores, 2026

O fluxograma apresenta o passo a passo operacional do sistema, desde a captura inicial pela câmera até a tomada de decisão. O fluxo demonstra como a imagem bruta passa pelo processamento e rastreamento para contar o tempo de vaga. Esse caminho permite que o software identifique comportamentos suspeitos e salve tudo em um histórico, transformando o vídeo em relatórios úteis.

3.1. Análise de Permanência, Identificação de Suspeitas e Gestão

A inteligência do sistema atinge sua maturidade no monitoramento da Análise de Permanência e na Identificação Suspeita, onde o tempo torna-se a variável de controle principal como mostra a Figura 2, ao cruzar a identidade do veículo rastreado com a vaga ocupada, o sistema inicia uma contagem cronométrica individualizada, comparando o tempo de ocupação real com os parâmetros permitidos pela política do estacionamento. Caso um veículo exceda o limite estabelecido ou apresente padrões de movimentação erráticos, o sistema dispara Alertas de Comportamento automáticos, enviando esses dados para o Registro de Dados em nuvem. A etapa final consolida essas informações em Relatórios e Decisões, permitindo que o gestor identifique vagas subutilizadas ou setores com alta rotatividade, o sistema fecha um ciclo completo de automação e segurança, partindo da captura visual até a entrega de métricas estratégicas que governam o estacionamento de forma inteligente e eficiente.

Figura 2. Esquema de monitoramento e campo de visão das câmeras.



Fonte: Autores, 2026

Esta imagem ilustra a etapa inicial de Captura de Imagens, mostrando como o posicionamento das câmeras no teto do estacionamento garante uma visão ampla das vagas. Esse ângulo é essencial para que o sistema consiga identificar cada veículo individualmente e monitorar o tempo de permanência sem que um carro bloqueie a visão do outro.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

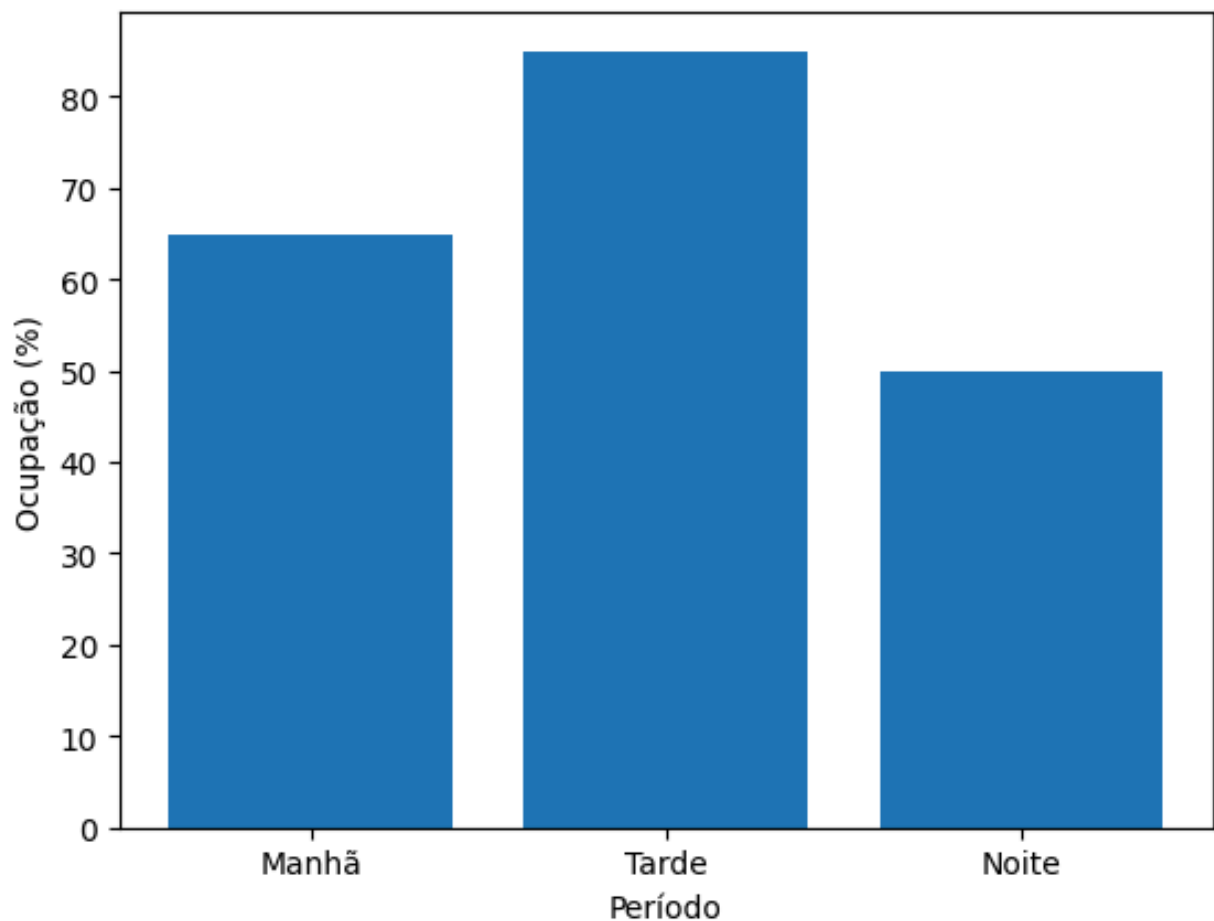
Os resultados obtidos com a implementação do sistema de monitoramento baseado em visão computacional mostram que a solução consegue lidar bem com a captura, o processamento e a interpretação das imagens de forma automatizada, sem depender de intervenções constantes. A arquitetura desenvolvida acabou reunindo etapas como identificação dos veículos, acompanhamento ao longo do tempo e análise contínua, o que permitiu levantar informações úteis sobre como os usuários se comportam no

estacionamento. A partir disso, foi possível perceber situações como o tempo que cada veículo permanece, como as vagas vão sendo ocupadas e também alguns comportamentos que fogem do que normalmente seria esperado. Com esse conjunto de dados, as análises foram organizadas para representar, de maneira mais prática, como o sistema se comporta em um ambiente real.

4.1. Análise de Ocupação das Vagas

A ocupação das vagas ajuda a dar uma noção mais concreta de como o estacionamento está sendo usado ao longo do dia, e isso varia bastante conforme o horário e o volume de veículos que chegam e saem. No funcionamento do sistema, essas variações passaram a ser acompanhadas em tempo real, permitindo transformar os registros em algo mais fácil de visualizar e interpretar. Em certos momentos a quantidade de veículos aumenta, principalmente quando há maior movimentação, enquanto em outros períodos ocorre uma queda natural, acompanhando a redução no fluxo. Esse comportamento não segue um padrão totalmente fixo, ele oscila conforme a demanda, e acompanhar isso ao longo do tempo ajuda a entender melhor como o espaço é realmente utilizado, sem depender apenas de observações isoladas ou pontuais.

Gráfico 1. Ocupação média por período do dia



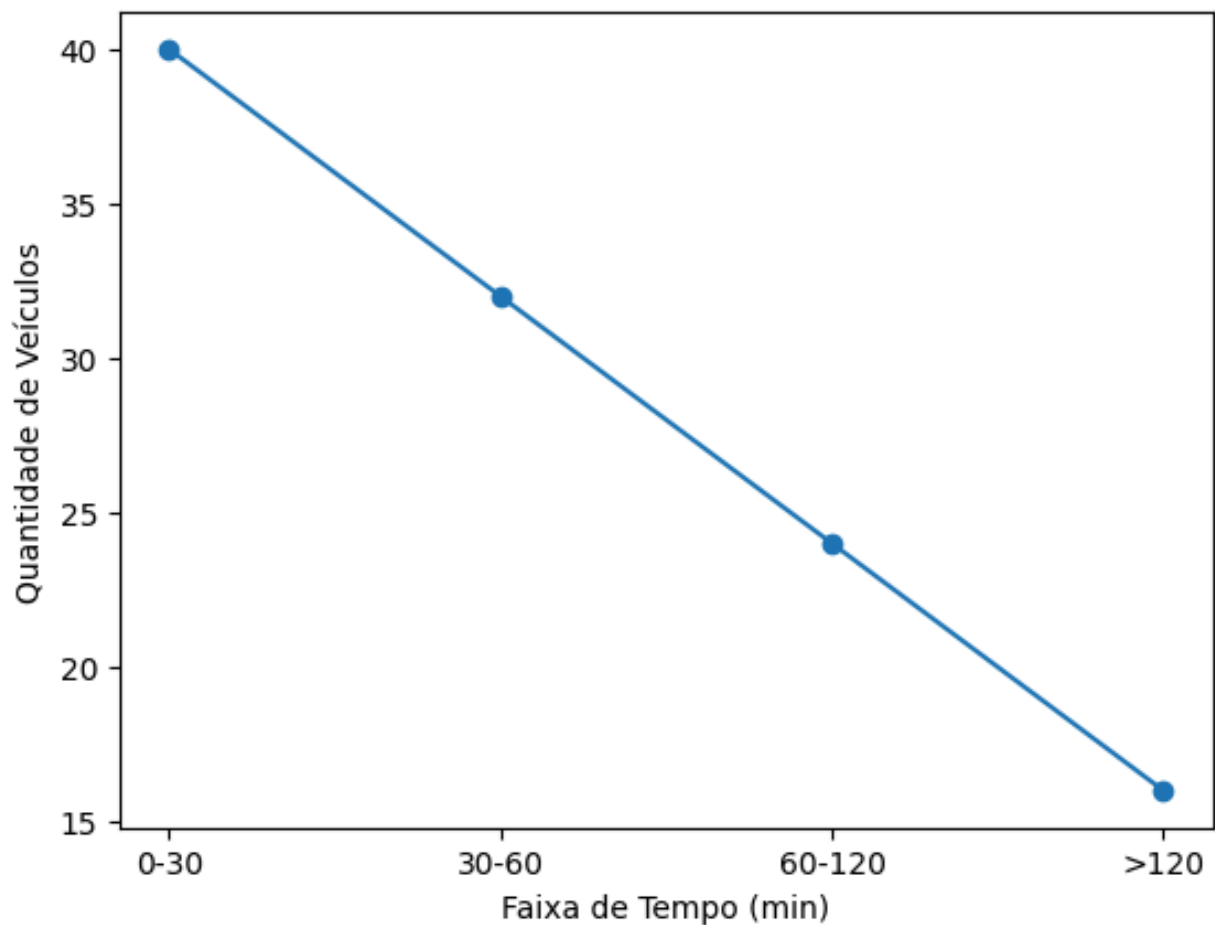
Fonte: Autores, 2026

Os resultados demonstram que o período da tarde apresenta a maior taxa de ocupação, indicando um pico de utilização do estacionamento, esse comportamento é coerente com ambientes institucionais e comerciais, nos quais há maior fluxo de pessoas nesse intervalo onde o período da manhã apresenta ocupação moderada, enquanto o período noturno apresenta redução significativa, refletindo menor movimentação de veículos esses dados são importantes para o planejamento da gestão do estacionamento, pois permitem identificar padrões de uso e apoiar decisões relacionadas à organização do espaço e possíveis expansões futuras.

4.2. Tempo de Permanência dos Veículos

A análise do tempo de permanência dos veículos ajuda a entender, de forma mais direta, como cada vaga é utilizada dentro do estacionamento. Com o rastreamento feito pelo sistema ao longo do tempo é possível registrar quanto tempo cada veículo permanece estacionado, o que permite visualizar melhor como esses períodos se distribuem na prática. A partir disso, começam a aparecer padrões que representam o uso mais comum, junto com alguns casos que fogem do esperado, como permanências mais longas do que o habitual. Esse tipo de informação acaba sendo útil porque dá uma noção mais clara do comportamento dos usuários e mostra como o espaço está sendo ocupado ao longo do tempo. Além disso, observar esses tempos também ajuda a entender o nível de rotatividade das vagas, o que influencia diretamente na forma como o estacionamento funciona no dia a dia e na eficiência com que o espaço disponível está sendo aproveitado.

Gráfico 2. Distribuição do tempo de permanência



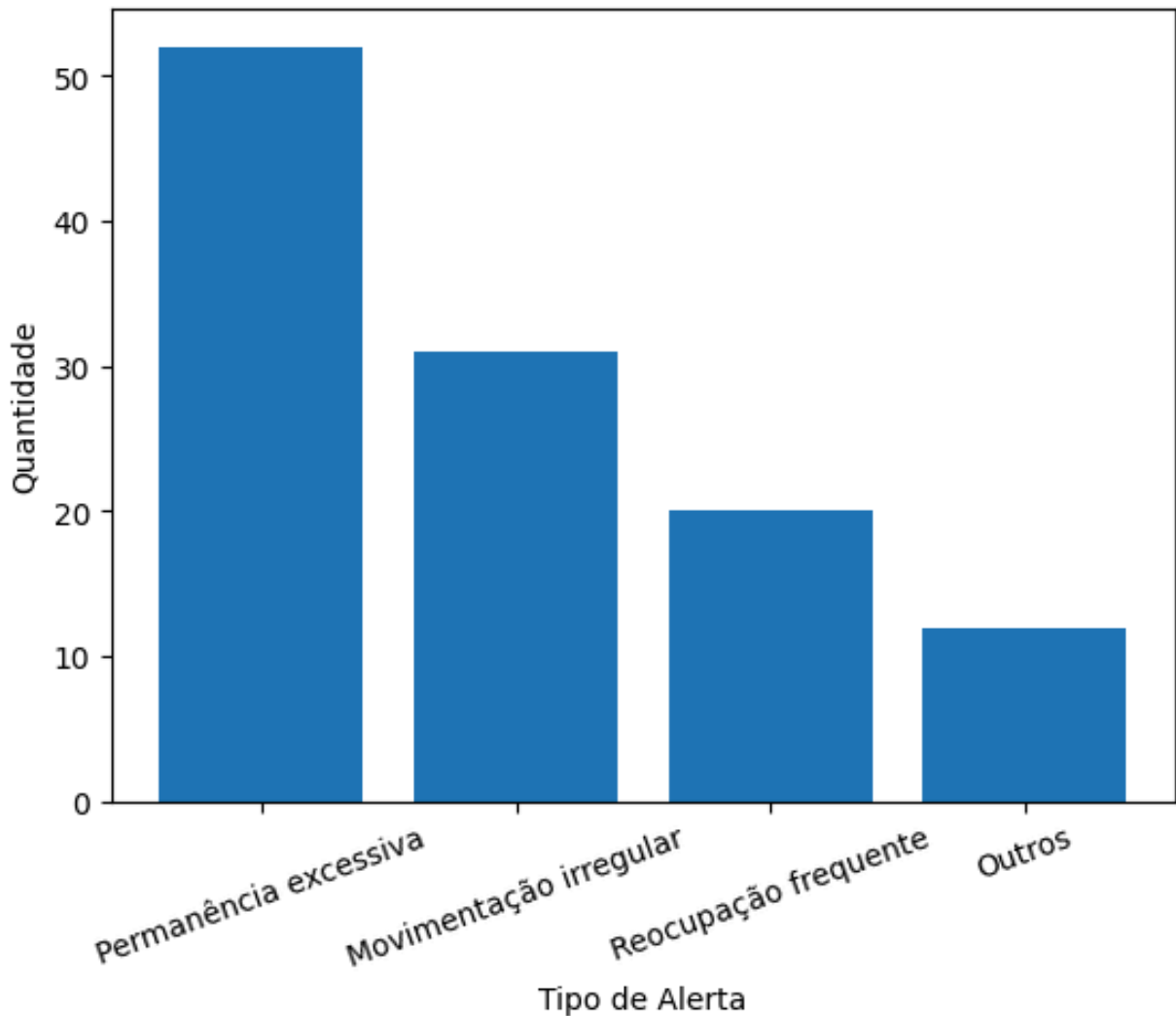
Fonte: Autores, 2026

A distribuição dos dados mostra que a maioria dos veículos tende a permanecer por períodos mais curtos, geralmente entre 0 e 30 minutos, o que acaba indicando uma rotatividade mais alta no estacionamento. Conforme o tempo de permanência aumenta, a quantidade de veículos vai diminuindo aos poucos, algo que já é esperado em locais onde há fluxo constante de entrada e saída. Mesmo assim, aparecem alguns casos de veículos que permanecem por mais de 120 minutos, e esses registros chamam mais atenção, principalmente quando se repetem em determinados horários ou seguem algum tipo de padrão. Esse tipo de informação ajuda a entender melhor o uso do espaço e pode apontar situações que merecem uma observação mais cuidadosa, especialmente quando se busca melhorar a gestão e evitar usos fora do comum.

4.3 Identificação de Comportamentos Suspeitos

A identificação de comportamentos suspeitos surge como um dos pontos mais relevantes do sistema, já que permite sair de uma simples observação visual e passar a trabalhar com base em padrões que foram identificados ao longo do tempo. A partir da integração entre detecção dos veículos, acompanhamento contínuo e análise temporal, o sistema consegue reconhecer quando algo foge do comportamento considerado normal e, nesses casos, gerar alertas de forma automática. Esses comportamentos podem aparecer de várias formas, como permanências muito longas, mudanças de posição entre vagas sem um motivo aparente ou até retornos frequentes ao mesmo local em curtos intervalos. Ao reunir essas ocorrências, o sistema passa a oferecer um suporte mais direto para quem administra o estacionamento, ajudando a perceber situações que poderiam passar despercebidas e contribuindo para uma gestão mais atenta e organizada.

Gráfico 3. Tipos de alertas gerados pelo sistema



Fonte: Autores, 2026

Os resultados mostram que os alertas relacionados à permanência excessiva são os mais frequentes, indicando que o controle do tempo de permanência é o principal fator de identificação de comportamentos fora do padrão. Já os alertas de movimentação irregular e reocupação frequente sugerem padrões que podem estar associados a tentativas de evitar monitoramento ou uso inadequado das vagas. A ocorrência desses eventos reforça a importância do uso de sistemas inteligentes baseados em visão computacional, capazes de analisar não apenas a presença de veículos, mas também seu comportamento ao longo do tempo, contribuindo para uma gestão mais eficiente e segura do estacionamento.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises apresentadas ao longo do trabalho permitem compreender que o sistema desenvolvido consegue cumprir o papel de monitorar o ambiente de estacionamento de maneira contínua e organizada, acompanhando desde a captura das imagens até a geração de informações que representam o comportamento dos veículos ao longo do tempo, o que demonstra que a integração entre detecção, rastreamento e análise temporal funciona de forma coerente dentro da proposta adotada, especialmente quando se observa a capacidade do sistema em transformar dados visuais brutos em métricas que auxiliam na interpretação do uso das vagas, permitindo identificar tanto padrões recorrentes quanto situações que fogem do comportamento esperado, além de evidenciar que a ocupação do espaço não ocorre de maneira uniforme, variando conforme os períodos do dia e refletindo diretamente o fluxo de entrada e saída de veículos, o que reforça a importância de um acompanhamento automatizado para lidar com esse tipo de dinâmica em ambientes com movimentação constante

Os resultados também indicam que a abordagem adotada pode contribuir de maneira significativa para a gestão do estacionamento, uma vez que a análise do tempo de permanência e a identificação de comportamentos considerados suspeitos oferecem subsídios para uma compreensão mais detalhada do uso das vagas, permitindo observar situações como permanências prolongadas, padrões repetitivos de utilização e variações na ocupação que, quando analisadas em conjunto, ajudam a compor um panorama mais completo do ambiente monitorado, ao mesmo tempo em que mostram que o sistema possui potencial para apoiar decisões

operacionais e organizacionais, sobretudo em cenários onde o acompanhamento manual se torna limitado, sendo possível afirmar que a solução atende ao objetivo proposto ao integrar técnicas de visão computacional e análise de dados em um único fluxo de processamento, ainda que existam possibilidades de aprimoramento futuro relacionadas à precisão da detecção, à robustez em diferentes condições de iluminação e à expansão das funcionalidades de análise, o que poderia tornar o sistema ainda mais eficiente e adaptável a diferentes contextos de aplicação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J. R.; BARBOSA, L. F.; COSTA, M. A. Integração de IoT e Computação em Nuvem para Sistemas Urbanos. 2. ed. São Paulo: Editora Tecnológica, 2023.

ANDRADE, M. S.; FERREIRA, R. L.; GOMES, P. H. Gestão Urbana e Automação: O impacto da IA nas cidades inteligentes. Revista de Engenharia e Tecnologia Aplicada, Curitiba, v. 14, n. 2, p. 45-60, 2022.

COSTA, R. A.; PEREIRA, V. M. Rastreamento de Objetos em Ambientes Dinâmicos com Alta Densidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA, 12., 2021, Florianópolis. Anais... Florianópolis: SBC, 2021. p. 112-125.

FERREIRA, A. B. et al. Sistemas Automatizados e Escalabilidade na Gestão de Fluxos. Rio de Janeiro: Acadêmica Press, 2024.

GOMES, F. A Evolução da Automação Visual: Do monitoramento à inteligência. Belo Horizonte: Editora Inovação, 2021.

LIMA, P. V.; ROCHA, K. L. Análise de Dados Históricos em Sistemas de Controle de Tráfego. Porto Alegre: Bookman, 2021.

MARQUES, A. B.; SILVA, J. P.; SANTOS, D. F. Avanços em Visão Computacional: Segmentação e rastreamento em tempo real. Revista Brasileira de Computação, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 22-38, 2021.

NUNES, E. T. et al. Sistemas Preditivos e Aprendizado de Máquina no Contexto Urbano. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2022.

OLIVEIRA, S. Modelos Eficientes para Processamento de Big Data em Nuvem. São Paulo: TechFocus, 2021.

OLIVEIRA, T. M.; SOUZA, L. G. Arquiteturas de Redes Neurais para Detecção em Tempo Real de Veículos. Jornal de Inteligência Artificial e Robótica, Campinas, v. 18, n. 4, p. 88-102, 2020.

PEREIRA, C. H.; COSTA, R. A. Consistência Visual no Monitoramento de Veículos em Estacionamentos. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2022.

REZATOFIGHI, Hamid; TSOI, Nathan; GOEL, Saurabh; SAVARESE, Silvio; REID, Ian; WANG, Xiaogang; SHI, Jianbo. Generalized Intersection over Union: A metric and a loss for bounding box regression. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, v. 43, n. 7, p. 1-14, 2021.

ROCHA, K. L.; LIMA, P. V. Reconhecimento de Padrões em Sequências Temporais Aplicado à Segurança. Jornal de Automação e Controle, São José dos Campos, v. 25, n. 3, p. 200-215, 2022.

SANTOS, D. F. et al. Sistemas Inteligentes e a Nova Escalabilidade Urbana. Revista Internacional de Gestão de Infraestrutura, Brasília, v. 5, n. 4, p. 12-29, 2023.

SILVA, J. P.; MARQUES, A. B. Desafios do Reconhecimento Visual em Ambientes Dinâmicos. 1. ed. Brasília: Editora Universitária, 2022.

SOUZA, L. G.; OLIVEIRA, T. M. Continuidade de Objetos entre Quadros em Vídeos de Vigilância sob Oclusão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO GRÁFICA E PROCESSAMENTO DE IMAGENS, 33., 2020, Virtual. Anais eletrônicos... Porto Alegre: SBC, 2020. Disponível em: <http://www.sbc.org.br>. Acesso em: 15 mar. 2024.

Zhang, Zhi; GEIGER, Andreas; TU, Zheng; URTASUN, Raquel. Deep learning based object detection for intelligent video surveillance: A review. IEEE Access, v. 10, p. 51980–52001, 2022.

¹ Acadêmico de Engenharia da Computação (Fametro). E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#).

² Mestrando em Engenharia de Processos (UFPA – PA). E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#).

³ Especialista Instituto de Desenvolvimento Tecnológico (INDT). E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#).

⁴ Doutorando em Informática pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM). E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#).

