

CONTROLES ADAPTATIVOS COOPERATIVOS E SUAS APLICAÇÕES NA OTIMIZAÇÃO DE TRÁFEGO E SEGURANÇA VIÁRIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

Pedro Henrique Passos Abreu Campos (IC)¹, Dalva Maria de Castro (PQ)¹

Palavras-chave: Controle adaptativo. Comunicação veículo-veículo. Gestão de tráfego. Simulação de tráfego.

Introdução

O estudo do fluxo de tráfego rodoviário e sua relação com sinistros de trânsito é um campo de pesquisa em crescimento, que se demonstra relevante para a segurança e eficiência do trânsito. Os sinistros de trânsito não só causam congestionamentos imprevistos, mas também reduzem a dinâmica das vias e consequentemente aumentam as emissões de gases poluentes. Contudo, o intuito de usar modelos baseados em inteligência artificial e teoria estatística mostra que é possível otimizar o trânsito resolvendo os incidentes rapidamente, auxiliando na organização e gestão do trânsito. Estes modelos consideram não apenas as características dos sinistros, mas também a correlação espaço-temporal dos fluxos de tráfego, detectando assim padrões complexos e não lineares que são críticos para realizar previsões precisas (Cai et al., 2023)

Um exemplo de sistemas inteligentes é o Cooperative Adaptive Cruise Control (CACC) em veículos que introduzem uma nova tendência no tráfego rodoviário. Um modelo generalizado de Lighthill-Whitham-Richards (LWR) é proposto para observar fluxos de veículos motorizados sob diferentes taxas de influência do CACC, enfatizando a importância de modelos adaptativos em diversos cenários de tráfego visando otimizar o desenvolvimento dos veículos nas rodovias (Miao e Chao, 2023).

Devido ao pressuposto inovativo do tema como solução para melhoria do tráfego e da segurança viária, este artigo teve por objetivo apresentar o estado da arte de controles adaptativos para veículos e suas aplicações em transporte.

Metodologia

Uma revisão sistemática de literatura é um método que busca identificar, avaliar e compreender um tópico específico. Em seu desenvolvimento é necessário realizar várias etapas, definindo uma questão de pesquisa clara, elaborar um protocolo, selecionar critérios de estudo e avaliar os estudos selecionados. A revisão sistemática busca ser clara e reproduzível, garantindo que todos os procedimentos sejam bem documentados para permitir que outros pesquisadores repliquem o estudo (Petticrew e Roberts, 2008).

Seleção do Banco de Dados: Foi utilizado o banco de dados Web of science para a pesquisa de literatura acadêmica. Esta escolha permitiu acessar uma ampla gama de publicações e artigos relacionados ao seu tema de pesquisa.

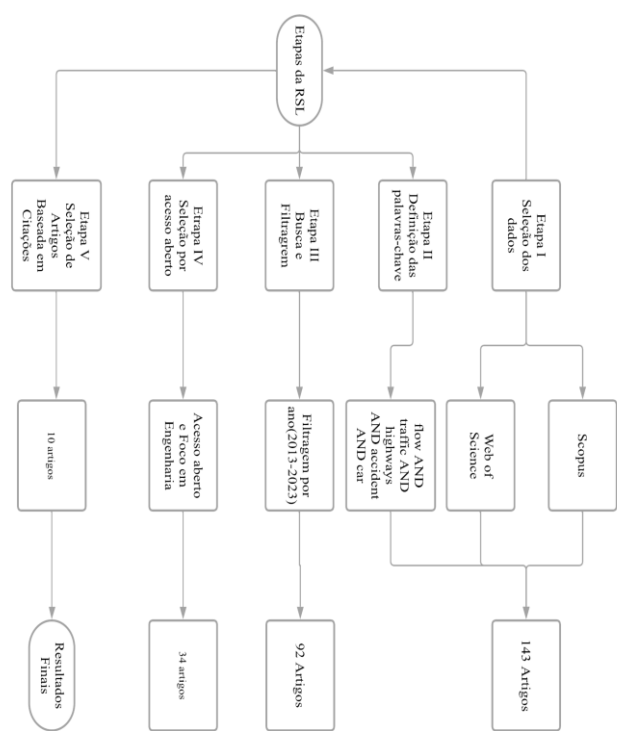
Definição de Palavras-chave: Foram utilizadas a combinação "flow AND traffic AND highways AND accident AND car" para filtrar artigos relevantes. Estas palavras-chave são essenciais para garantir que a pesquisa seja focada nos temas de fluxo de tráfego, acidentes em rodovias e dinâmicas de carros.

Processo de Busca e Filtragem: Realizou-se uma busca inicial com as palavras-chave definidas, que resultaram em 143 artigos. Em seguida foi feita a filtragem por ano, sendo de 2013 até 2023: Um filtro foi aplicado para restringir os artigos a um ano específico, o que reduziu o número para 92 artigos. Isso ajudou a focar em literatura recente e relevante.

Seleção por Acesso Aberto: Elegidos apenas os artigos em acesso aberto, diminuindo para 34 artigos. Isso garantiu que os recursos sejam facilmente acessíveis para análise detalhada. **Foco em Engenharia:** Filtragem adicional para restringir os artigos ao campo da Engenharia, resultando em 10 artigos. Este passo é crucial para assegurar que a pesquisa esteja alinhada com o aspecto técnico e prático do tema.

Seleção de Artigos Baseada em Citações: Foram selecionados 10 artigos dentre os encontrados com base nos 10 primeiros autores com mais citações. Este critério ajuda a garantir que os artigos escolhidos sejam de alta qualidade e impacto no campo de estudo.

Figura 1: Fluxograma da Revisão Sistemática de Literatura.



Resultados e discussão

Os estudos mostram um panorama com diversas abordagens e inovações tecnológicas voltadas otimizar a segurança e a eficiência nas rodovias. A análise dos estudos selecionados nos permite perceber os avanços tecnológicos sobre o assunto. Essas tecnologias tem como objetivo não apenas caracterizar os tipos de acidentes, mas encontrar meios para analisar questões complexas que estão fora do padrão.

Tabela 1: Relação Autor e principal abordagem sobre o tema CACC

1. Introdução de veículos Cooperative
Descrição: Introdução de veículos com Controle
Autor (ano): Cai, B., Quddus, M., Wang, X., Miao, Y. (2023)
2. Adaptive Cruise Control
Descrição: Controle de Cruzeiro Adaptativo Cooperativo
Autor (ano): Miao, Y. ; Chao, H. (2023)
3. Algoritmos para simular tráfego e analisar aglomeração de veículos
Descrição: Algoritmos para simular o tráfego e analisar a formação de aglomerados de veículos
Autor (ano): Li, M., Li, Z., Xu, C., Liu, T. (2020)
4. Tecnologias de comunicação veículo-veículo
Descrição: Tecnologias de comunicação veículo-veículo
Autor (ano): Rahman, M.S., Abdel-Aty, M. (2018)

5. Sinalização e melhorias na infraestrutura viária
Descrição: Aprimoramentos na sinalização e infraestrutura viária
Autor (ano): Wang, X., Zhou, Q., Quddus, M., Fan, T., Fang, S. (2018)

6. Melhoria no gerenciamento de tráfego baseado em dados
Descrição: Melhoria na gestão do tráfego baseada em dados
Autor (ano): Wang, X., Cao, Y., Jiang, P., Niu, L., Lyu, N. (2020)

7. Comportamento ao dirigir em pista de desaceleração
Descrição: O efeito do gênero, ocupação e experiência no comportamento ao dirigir em uma pista de desaceleração de rodovia com base em dados de teste operacional de campo
Autor (ano): Lyu, N., Cao, Y., Wu, C., Xu, J., Xie, L. (2018)

8. Segurança em condições de visibilidade reduzida
Descrição: Entendendo os benefícios de segurança rodoviária de diferentes abordagens de veículos conectados em condições de visibilidade reduzida
Autor (ano): Rahman, M.S., Abdel-Aty, M., Wang, L., Lee, J. (2018)

9. Avaliação de segurança com realidade virtual
Descrição: Estudo de conflitos de fusão em rodovias usando tecnologia de realidade virtual
Autor (ano): Xu, Z., Zou, X., Oh, T., Vu, H.L. (2021)

10. Avaliação de risco de colisão traseira
Descrição: Desenvolvimento de um algoritmo para avaliar o risco de colisão traseira em condições de neblina usando dados em tempo real
Autor (ano): Wu, Y., Abdel-Aty, M., Cai, Q., Lee, J., Park, J. (2018)

Entre os métodos inovadores, o uso de veículos com CACC demonstra ir muito além da autonomia isolada dos veículos, abordagens convencionais de gestão de tráfego, tecnologias de segurança padrão e padronização do tráfego. A pesquisa sugere que a integração de veículos autônomos e semi-autônomos, equipados com tal tecnologia, tem a intenção de modelar uma nova dimensão para o trânsito. E conjunto com análise do comportamento do condutor em diversas situações que, situação que se enquadra na simulação que é aplicada no simulador analisando não apenas os aspectos técnicos, mas julgando os aspectos humanos, para uma conclusão geral, dessa maneira é possível compreender melhor todos os fatores que resultam em sinistros assim ajudando a otimizar o fluxo de tráfego.

A seleção desses 10 artigos específicos foi baseada na relevância, qualidade e impacto de suas contribuições para o campo das inovações tecnológicas aplicadas à segurança e eficiência nas rodovias. Os trabalhos escolhidos abrangem desde o desenvolvimento de modelos de previsão de acidentes de trânsito, como em Cai et al. (2023), até a implementação do Controle de Cruzeiro Adaptativo Cooperativo (CACC), abordado por

Miao e Chao (2023), que é o foco central da revisão. Além disso, os artigos selecionados discutem tecnologias essenciais, como algoritmos de simulação de tráfego (Li et al., 2020), comunicação veículo-veículo (Rahman e Abdel-Aty, 2018) e melhorias em sinalização e infraestrutura (Wang et al., 2018), todas fundamentais para a otimização do trânsito. Também foram incluídos estudos que analisam o comportamento do motorista (Lyu et al., 2018), a segurança em condições adversas de visibilidade (Rahman et al., 2018) e o uso de tecnologias inovadoras como a realidade virtual para simulações de segurança (Xu et al., 2021). Por fim, a seleção contemplou trabalhos que propõem algoritmos para avaliar riscos em tempo real, como o de Wu et al. (2018), garantindo uma visão abrangente das inovações tecnológicas e suas aplicações práticas para rodovias mais seguras e eficientes.

Conclusões

A revisão sistemática dos estudos sobre o fluxo de tráfego em rodovias mostrou que a integração de veículos com CACC é uma tecnologia promissora pois apresenta impactos positivos na segurança e no desenvolvimento de estratégias para alcançar uma maior eficiência no trânsito. A necessidade de realizar diversos filtros durante a pesquisa direcionou os resultados, porém também mostrou que o tema apresenta uma amplitude grande com diversos pontos complexos. Este estudo sugere que novas pesquisas com inclusão, simulações e testes de novas tecnologias podem ser eficazes para segurança viária. Além disso, a análise dos artigos selecionados demonstra que a aplicação de tecnologias como a comunicação veículo-veículo e algoritmos de previsão de acidentes, baseados em inteligência artificial, têm o potencial de transformar a gestão do tráfego rodoviário. Estudos como os de Cai et al. (2023) e Li et al. (2020) evidenciam que o uso de dados em tempo real e a simulação de cenários complexos podem aumentar a precisão das previsões e a eficiência na resposta a sinistros, reduzindo os tempos de resposta e melhorando o fluxo de tráfego. A combinação dessas inovações tecnológicas com melhorias na infraestrutura viária, como sugerido por Wang et al. (2018), pode criar uma abordagem mais abrangente para a segurança rodoviária. Nesse sentido, mostra que em novas pesquisas além de analisar novas tecnologias também deve ser analisado as condições humanas e as variações nas condições de tráfego, conforme discutido por Lyu et al. (2018) e Rahman et al. (2018), a fim de otimizar as soluções para diferentes cenários viários.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus por me guiar e conceder força ao longo desta jornada. Agradeço também à minha mãe, Grasielle Passos Abreu Campos, e ao meu pai, Luciano Campos Passos, por todo o amor, apoio e incentivo incondicional. À minha orientadora, Dalva Maria de Castro, pela orientação e paciência em cada etapa deste trabalho. Também estendo meus agradecimentos à Pibic/Unifei pela bolsa de estudos, que foi fundamental para a realização deste projeto.

Referências

- Cai, B., Quddus, M., Wang, X., & Miao, Y. (2024). New Modeling Approach for Predicting Disaggregated Time-Series Traffic Crashes. *Transportation Research Record*, 2678(3), 637-648. DOI: 10.1177/03611981231182703
- Li, M. et al. (2020) Short-term prediction of safety and operation impacts of lane changes in oscillations with empirical vehicle trajectories. *Accident Analysis & Prevention*, v.135, p.105345.
- Lyu, N. et. al. (2018) The effect of gender, occupation and experience on behavior while driving on a freeway deceleration lane based on field operational test data, *Accident Analysis & Prevention*, v. 121, p. 82-93, DOI: 10.1016/j.aap.2018.07.034.
- Miao, Baorui, e Chao Han (2023) Intelligent vehicle obstacle avoidance path-tracking control based on adaptive model predictive control. *Mechanical Sciences* v. 14.1 p. 247-258.
- Petticrew, M e Roberts, H. (2008) *Systematic reviews in the social sciences: A practical guide*. John Wiley&Sons.
- Rahman, M.D e Abdel-aty, M. (2018) Longitudinal safety evaluation of connected vehicles' platooning on expressways. *Accident Analysis & Prevention*, v. 117, p. 381-391
- Rahman, Md Sharikur, et al. (2018) "Understanding the highway safety benefits of different approaches of connected vehicles in reduced visibility conditions." *Transportation research record* 2672.19 p. 91-101.
- Wang, Xuesong, et al. (2018) Speed, speed variation and crash relationships for urban arterials." *Accident Analysis & Prevention* 113, p. 236-243.
- Wang, Xu, et al. (2020) The safety effect of open-median management on one-side widened freeways: A driving simulation evaluation." *Journal of safety research* v. 73, p. 57-67
- Wu, Yina, et al. (2018) Developing an algorithm to assess the rear-end collision risk under fog conditions using real-time data. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* v. 87 p.11-25.
- Xu, Zheng, et al. (2021) Studying freeway merging conflicts using virtual reality technology. *Journal of safety research* v. 76 p. 16-29.
- Zou, Xin et. al (2018). "Visualization and analysis of mapping knowledge domain of road safety studies." *Accident Analysis & Prevention* v.,118, p. 131-145.