

CINCO NOVAS PISTAS SOBRE COMO A TECNOLOGIA V2I PODE CONTRIBUIR PARA O PLANEJAMENTO E GERENCIAMENTO DA MOBILIDADE URBANA

 <https://doi.org/10.56238/arev6n4-037>

Data de submissão: 04/11/2024

Data de publicação: 04/12/2024

Natália Fernandes da Motta

Mestranda em Ambiente Construído Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF

Flávio Francisco dos Reis

Mestrando em Ambiente Construído Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF

Arthur Alves Costa Lignani de Miranda

Mestrando em Ambiente Construído Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF

Ercília de Stefano

Doutora em Engenharia de Transportes Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF

Cristiano Gomes Casagrande

Doutor em Engenharia Elétrica Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF

Leonardo Rocha Olivi

Doutor em Engenharia Elétrica Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF

Moisés Luiz Lagares Júnior

Doutor em Engenharia Mecânica Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF

Samuel Rodrigues Castro

Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF

RESUMO

Em síntese os sistemas V2I podem otimizar o fluxo de tráfego ao fornecer informações em tempo real para veículos, permitindo ajustes automáticos de velocidade e rotas. Nesse sentido, como a união entre sistema de inteligência de transportes (ITS) e o desenvolvimento sustentável fica evidente na literatura científica, quando se trata de Vehicle-to-Infrastructure (V2I)? Portanto, o objetivo geral do estudo foi identificar a relação entre V2I e sustentabilidade. A presente pesquisa exploratória e descritiva foi composta por uma revisão de escopo, realizada a partir da busca de artigos científicos em inglês na base científica Web of Science (WoS). Os resultados foram analisados e discutidos, utilizando a ferramenta de análise textual Voyant Tools. Os resultados indicam cinco novas pistas quanto ao V2I e a sustentabilidade a partir das evidências científicas que foram organizadas em blocos: (1) Atualidade do tema; (2) Equipes interdisciplinares; (3) Indissociabilidade entre inteligência e sustentabilidade; (4) Comunicação; (5) Tecnologia e Humanidades. Estas novas pistas servem para orientar tanto estudos futuros quanto práticas de aplicação do V2I enquanto aliadas para o planejamento e gerenciamento da mobilidade urbana, bem como se sugere criar uma agenda emergente que oriente pesquisadores, planejadores, gestores entre outros interessados.

Palavras-chave: *Vehicle-to-Infrastructure* (V2I), Sistemas de transporte inteligentes (ITS), Planejamento de Transportes, Gerenciamento da Mobilidade, Sustentabilidade.

1 INTRODUÇÃO

A urbanização acelerada e o aumento significativo da frota de veículos nas cidades têm colocado a gestão do tráfego urbano em uma posição central nas discussões sobre mobilidade e sustentabilidade, especialmente ao que implica a adoção de sistemas de transporte inteligentes (ITS) no gerenciamento da mobilidade (GM). Nesse sentido, o termo zeitgeist que é de origem alemã e muito utilizado nos estudos das ciências humanas e sociais marca a interdisciplinaridade com que esse tipo de problema deve ser tratado. Zeitgeist, enquanto espírito de um tempo, permite perceber que a união entre os avanços da tecnologia oriundas de ITS e com estratégias de gerenciamento da mobilidade podem permitir um avanço mais sólido rumo a construção de uma nova mentalidade que alia inteligência e sustentabilidade como categorias indissociáveis quanto paradigma vigente.

Nesse contexto paradigmático do espírito do tempo presente que é aceleradamente marcado por disrupturas tecnológicas, a tecnologia de comunicação Vehicle-to-Infrastructure (V2I) surgiu como uma solução promissora para mitigar os problemas de congestionamento e melhorar a eficiência do tráfego urbano, que estão no bojo de novas estratégias de gerenciamento de mobilidade urbana. A V2I permite a troca de informações em tempo real entre veículos e a infraestrutura viária, como semáforos e controladores de tráfego, possibilitando ajustes dinâmicos na velocidade e nas rotas dos veículos com base nas condições de tráfego momentâneas (Katsaros et al., 2011; Hussain et al., 2013). Essas capacidades não apenas otimizam o fluxo de tráfego, mas também contribuem para a redução do consumo de combustível e das emissões de poluentes, uma vez que os veículos podem evitar paradas e acelerações desnecessárias (Han et al., 2019; Namazi e Taghavipour, 2021).

Estudos têm demonstrado que a aplicação de V2I em interseções inteligentes é eficaz na redução dos tempos de espera, no consumo de combustível e nas emissões, além de melhorar a segurança viária por meio de estratégias proativas de gestão do tráfego (Han et al., 2019; Hussain et al., 2013). Tecnologias como o Green Light Optimized Speed Advisory (GLOSA) e algoritmos de controle de sinais, que se adaptam às condições de congestionamento em tempo real, mostram grande potencial em ambientes urbanos densamente trafegados, evitando bloqueios e oferecendo rotas alternativas durante períodos de congestionamento (Lourenço et al., 2018; Han et al., 2019).

A implementação de tecnologias inteligentes de transporte, como o V2I, está alinhada com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, em particular o ODS 11, que visa tornar as cidades e assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis (ONU, 2015). Nesse contexto, investiga-se o papel do V2I na interface entre inteligência e sustentabilidade. O objetivo geral deste estudo é identificar o papel da tecnologia V2I no planejamento e gestão da mobilidade urbana. Os objetivos específicos incluem: (a) analisar o V2I como tecnologia associada à

inteligência e sustentabilidade; e (b) verificar a aplicação da tecnologia V2I sob a perspectiva do planejamento de transportes e gerenciamento da mobilidade urbana. A pesquisa, de natureza exploratória e descritiva, baseou-se em uma revisão de escopo, utilizando o software online Voyant Tools (2024) para análise textual. Este trabalho está estruturado em três seções principais, além desta introdução e das conclusões, sendo a próxima dedicada ao referencial teórico.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

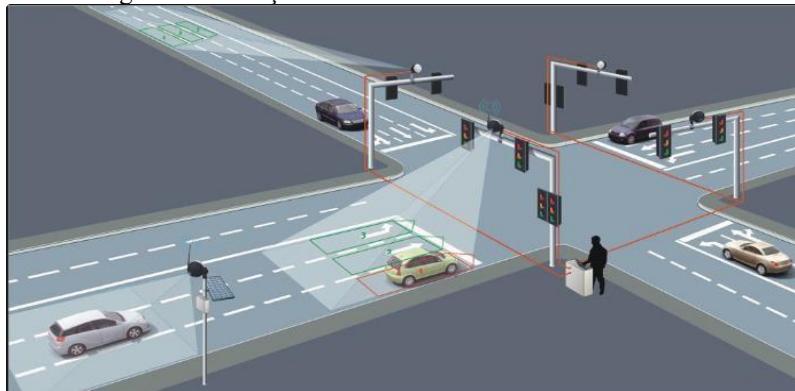
Simulações indicam que soluções de gestão de tráfego baseadas em V2I podem reduzir significativamente os tempos de viagem e aumentar a eficiência geral do tráfego, sugerindo que a adoção dessas tecnologias poderia transformar a maneira como o tráfego é gerido em áreas urbanas densamente povoadas (Zadobrischi et al., 2020; Lourenço et al., 2018). Portanto, o objetivo deste referencial teórico conceitual foi extrair a categoria teórica conceitual V2I, enquanto tecnologia atrelada a inteligência e sustentabilidade (subseção 2.1); contextualizar a aplicação da tecnologia de V2I pela perspectiva do planejamento de transportes e gerenciamento da mobilidade (subseção 2.2.).

2.1 INTELIGÊNCIA E SUSTENTABILIDADE: VEHICLE-TO-INFRASTRUCTURE (V2I)

A comunicação V2I é uma das principais tecnologias emergentes no campo dos Intelligent Transportation Systems ou sistemas de transporte inteligentes (ITS), voltada para a melhoria da eficiência, segurança e sustentabilidade do tráfego urbano. Essa tecnologia permite a troca de informações em tempo real entre veículos e a infraestrutura viária, como semáforos, sensores de trânsito e painéis de mensagens, criando um ambiente de trânsito mais dinâmico e responsivo (Katsaros et al., 2011). A figura 1 é uma ilustração do conceito de V2I, com veículos conectados a semáforos e sensores de trânsito.

O conceito de V2I fundamenta-se na capacidade dos veículos modernos de estabelecerem comunicação com componentes fixos da infraestrutura urbana por meio de redes sem fio. Essa comunicação ocorre de forma bidirecional: os veículos transmitem informações sobre sua localização, velocidade e direção para a infraestrutura, que, por sua vez, responde com dados como as condições de trânsito à frente, tempos de sinalização e possíveis ajustes nas rotas, visando evitar congestionamentos (Han et al., 2019). Essa interação contínua possibilita a implementação de soluções avançadas para o gerenciamento de tráfego, como a coordenação semafórica, que ajusta os tempos de sinalização em tempo real para otimizar o fluxo de veículos em cruzamentos de alta demanda (Namazi e Taghavipour, 2021).

Figura 1. Ilustração do funcionamento de um sistema V2I



Fonte: Dias (2015).

Entre as principais aplicações práticas da tecnologia V2I destacam-se o Green Light Optimized Speed Advisory (GLOSA) e o Adaptive Route Change (ARC), sistemas projetados para otimizar o fluxo de tráfego em áreas urbanas. Essas soluções visam reduzir as paradas frequentes e os arranques dos veículos, fatores que contribuem diretamente para o aumento do consumo de combustível e das emissões de gases poluentes. O GLOSA, ao fornecer informações precisas sobre o tempo dos semáforos, pode reduzir significativamente o tempo de parada e o consumo de combustível. Em condições de alta densidade de tráfego, a adoção do GLOSA pode reduzir o tempo de parada em até 80%, além de diminuir o tempo total de viagem em 9,85% e o consumo de combustível em 7%. Por sua vez, o ARC adapta as rotas dos veículos em tempo real, com base nas condições de tráfego, proporcionando uma redução de até 26,5% no tempo médio de viagem e de 32,5% no tempo de parada, especialmente quando aplicado com uma taxa de penetração de veículos equipados próxima a 80% (Han et al., 2019; Katsaros et al., 2011).

Além disso, a tecnologia V2I desempenha um papel essencial na segurança viária, ao fornecer alertas antecipados sobre situações de risco, como acidentes ou veículos parados, permitindo que os motoristas tomem decisões de forma mais rápida e eficaz. Conforme demonstrado por Han et al. (2019), a comunicação V2I permite o monitoramento em tempo real do tráfego e a disseminação de informações críticas para os veículos, o que melhora a capacidade dos motoristas de reagir a perigos iminentes, reduzindo assim o risco de colisões em interseções urbanas.

2.2 APLICAÇÕES DA TECNOLOGIA PELO BOJO DO PLANEJAMENTO E GERENCIAMENTO DA MOBILIDADE

O planejamento de transportes exige uma visão concatenada de longo, médio e curto prazos (Bruton, 1979; Campos, 2013), articulando modelos tais como o de quatro etapas que possibilitam a partir de dados gerar alternativas de transportes frente a aplicação sequencial de modelos de: (1)

geração de viagens (2) distribuição de viagens, (3) divisão modal e (4) alocação de tráfego. Já o gerenciamento da mobilidade depreende-se da própria noção de desenvolvimento sustentável, mudando o foco na expansão da oferta para estratégias focadas na demanda (Lopes, 2005; Campos, 2013).

Em termos de tecnologias inteligentes, o V2I tem sido amplamente adotado em diversas cidades ao redor do mundo com o objetivo de aprimorar a eficiência do tráfego e elevar os níveis de segurança viária. Cidades como Las Vegas, Aurora e Columbus exemplificam a implementação bem-sucedida dessa tecnologia, demonstrando seu potencial na resolução dos desafios relacionados à mobilidade urbana. Em São Paulo, embora a solução adotada ainda não configure um sistema V2I completo, sendo de comunicação unilateral, representa um avanço significativo em direção à futura implementação dessa tecnologia.

Em Las Vegas, a tecnologia V2I foi implementada em parceria com a empresa Acyclica, que instalou sensores em cerca de 2.300 interseções por toda a cidade. Estes sensores permitem que o tráfego seja monitorado em tempo real, proporcionando aos controladores de tráfego a capacidade de ajustar dinamicamente os tempos dos semáforos para otimizar o fluxo de veículos. Além disso, o sistema informa os motoristas sobre o estado dos sinais de trânsito e oferece dados em tempo real para veículos autônomos, permitindo que eles ajustem suas rotas e velocidades para evitar congestionamentos e melhorar a segurança nas vias (Traffic Technology Today, 2017a).

Aurora, no Colorado, adotou a tecnologia V2I como parte de um projeto desenvolvido pela Traffic Technology Services Inc. (TTS) em colaboração com a Siemens USA. O projeto utiliza a plataforma TACTICS ATMS (Advanced Traffic Management System), que integra dados de sinalização de tráfego com serviços em nuvem para fornecer informações detalhadas sobre o estado dos sinais e previsões de tráfego. Esses dados são essenciais para a operação segura de veículos conectados e autônomos, que dependem de informações precisas sobre a sinalização para navegar com segurança pelas interseções. A capacidade de prever o tempo de mudança dos sinais e ajustar o comportamento dos veículos de acordo com essas previsões é um dos principais benefícios oferecidos por essa tecnologia (Traffic Technology Today, 2017b).

Columbus, Ohio, adotou uma abordagem ligeiramente diferente, focando em sinais de trânsito adaptativos que utilizam dados coletados de veículos governamentais para ajustar os tempos dos semáforos em tempo real. Esse sistema permite uma redução significativa nos tempos de espera nos cruzamentos, além de contribuir para a diminuição das emissões de gases poluentes devido à redução das paradas e partidas frequentes dos veículos. A cidade utiliza esses dados para analisar padrões de

tráfego e otimizar a sinalização de acordo com as condições reais das vias, promovendo uma circulação mais fluida e segura (Traffic Safety Store, 2024).

A cidade de São Paulo tem investido em tecnologias de semáforos inteligentes para melhorar a fluidez do trânsito, embora ainda não configure uma tecnologia V2I, pois a comunicação não é bidirecional. Um exemplo recente é a implantação desses semáforos na Zona Oeste da capital, que utilizam dados em tempo real para ajustar automaticamente os tempos de operação conforme o fluxo de veículos. O sistema, monitorado por câmeras (Figura 2) e conectado aos controladores de semáforo, visa reduzir engarrafamentos e otimizar a circulação nas áreas mais congestionadas (G1, 2023).

Figura 2. Uma das câmeras utilizada no sistema implementado em São Paulo



Fonte: G1 (2023).

Em síntese, a adoção da tecnologia V2I têm demonstrado melhorias significativas na eficiência do tráfego e na segurança viária, como visto em cidades como Las Vegas, Aurora e Columbus. Apesar de São Paulo ainda não ter um sistema V2I completo, os investimentos atuais em semáforos inteligentes indicam um avanço importante rumo à integração dessa tecnologia em seu sistema de transporte.

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa exploratória e descritiva foi composta por duas etapas consecutivas, a saber: (1) Revisão de escopo - realizada a partir da busca de artigos científicos em inglês na base científica Web of Science (WoS) em 07 de setembro de 2024 (WoS, 2024). Adicionalmente, utilizou-se como parâmetro de identificação, seleção, elegibilidade, critérios de inclusão e exclusão o fluxograma Prisma (2020 apud Page, 2021); (2) Análise Textual - realizada com o suporte da ferramenta Voyant Tools (2024), o Quadro 1 apresenta o passo a passo da metodologia adotada:

Quadro 1. Etapas metodológicas

Etapas	Descrição
1. Revisão de Escopo	Na etapa de identificação foi utilizado o seguinte string de busca na WoS em 07 de setembro de 2024: "Vehicle-to-Infrastructure" (tópico) AND sustainable (tópico), resultando em n=42. Após, foram selecionados os artigos (n=26) publicados em inglês (n=42), resultando em: n=26. Após, foram organizados por mais citados, e eleitos todos que apresentavam resumo disponibilizado (n=26). Considerando como critério de inclusão trabalhos que tratavam sobre V2I, foram excluídos nove trabalhos (n=9), e o resultado foi n=17 para composição do corpus textual.
2. Análise Textual	Utilizou-se o <i>Voyant Tools</i> (2024) para tratar o corpus textual (n=17), o que permitiu elaborar dois resultados: (a) Cirrus, que é uma nuvem de palavras com termos mais frequentes considerando o limite de termos=100; (b) Link, que é a formação de relações entre termos por ocorrências (<i>Voyant Tools</i> , 2024).

Fonte: Elaboração própria (2024).

A seguir são apresentados e discutidos os resultados desde a caracterização do objeto de estudo frente às categorias teóricas fundamentadas até a identificação de novas pistas a partir do percurso metodológico adotado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O objetivo desta seção é caracterizar o V2I enquanto objeto de estudo da revisão de escopo (subseção 4.1), bem como apresentar e discutir os resultados sob a égide de se construir novas pistas relativas ao problema científico posto, ou seja, como a união entre sistemas de transporte inteligentes (ITS) e o desenvolvimento sustentável (subseção 4.2.).

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

Ficou evidente no referencial teórico que a implementação da tecnologia V2I apresenta benefícios significativos para a gestão do tráfego urbano, porém, enfrenta desafios substanciais, como os elevados custos de infraestrutura, que incluem a instalação de sensores e sistemas de comunicação. Esses custos representam uma barreira particularmente significativa em cidades com recursos financeiros limitados ou infraestrutura envelhecida, dificultando a adoção em larga escala, ou seja, a sustentabilidade também precisa ser discutida sob essa dimensão econômica. Além disso, a ausência de padrões universais para V2I e a necessidade de interoperabilidade entre diferentes sistemas e fabricantes podem complicar a integração tecnológica, afetando a dimensão técnica da sustentabilidade. Ainda, questões relacionadas à segurança cibernética e à privacidade dos dados também exigem medidas rigorosas de proteção (Namazi e Taghavipour, 2021; Han et al., 2019) e estão sob o debate da dimensão técnica da V2I para contribuir com o desenvolvimento de maneira sustentável considerando a inteligência como passo essencial para o gerenciamento da mobilidade no século XXI.

Paralelamente aos desafios técnicos, a aceitação pública desempenha um papel crucial no sucesso da implementação da tecnologia V2I. A resistência decorrente do desconhecimento ou da desconfiança em relação às novas tecnologias pode atrasar sua adoção, sendo necessárias campanhas de conscientização e programas educativos. Esses esforços devem ser complementados por políticas públicas que incentivem a modernização da infraestrutura de transporte, como programas de financiamento e incentivos fiscais. A regulação e a padronização são essenciais para garantir uma implementação consistente e segura, conforme discutido por Traffic Technology Today (2017a) e Traffic Safety Store (2024).

Ao melhorar a eficiência do tráfego e reduzir as emissões de poluentes, a tecnologia V2I contribui diretamente para a criação de cidades resilientes, seguras e sustentáveis, alinhando-se ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11 (ODS 11), que visa tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos e resilientes (ONU, 2015). Dessa forma, a V2I não apenas aborda os desafios contemporâneos da mobilidade urbana, como também apoia a transformação das cidades em direção a um futuro mais sustentável e inteligente.

A implementação da tecnologia V2I em ambientes urbanos exige a integração de hardware, infraestrutura e protocolos de comunicação para troca eficiente de informações entre veículos e a infraestrutura viária. As Unidades de Beira de Estrada (RSUs - Roadside Units), que utilizam a tecnologia IEEE 802.11p, destacam-se como dispositivos essenciais para coletar e disseminar dados de tráfego. Instaladas em cruzamentos estratégicos, essas unidades garantem cobertura eficiente e podem ser conectadas a uma infraestrutura cabeadas, aumentando a precisão das informações compartilhadas (Lourenço et al., 2018).

A aplicação de algoritmos otimizados de controle de sinal para interseções semaforizadas configura-se como uma técnica essencial no contexto da comunicação V2I. Tais algoritmos utilizam dados de trajetória de veículos individuais para estimar, com elevada precisão, o tempo de chegada e os atrasos em filas de trânsito. Essa abordagem possibilita o ajuste dinâmico dos tempos de sinalização e das sequências de fase dos semáforos, promovendo maior eficiência no fluxo veicular. Para tanto, os dados de trajetória são transmitidos por meio de mensagens de segurança básica (Basic Safety Messages - BSM), utilizando a tecnologia de comunicação de curto alcance (Dedicated Short Range Communication - DSRC) (Han et al., 2019).

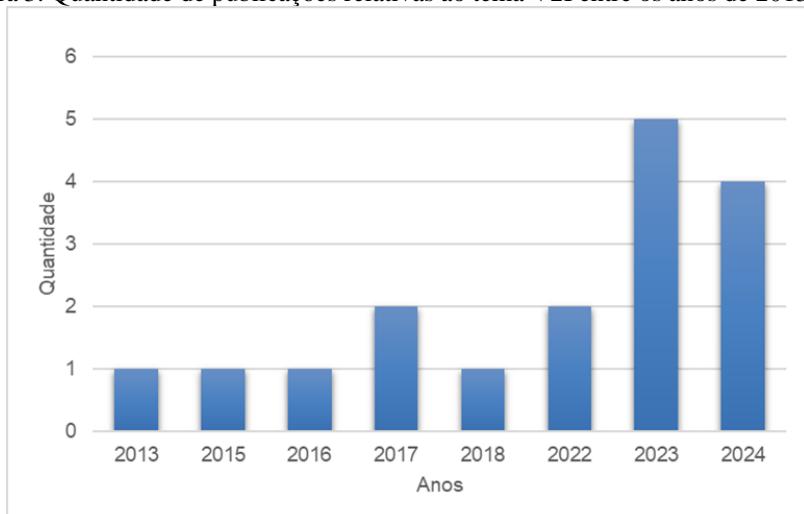
A infraestrutura de comunicação é essencial para a coleta e disseminação de informações de tráfego. Além das RSUs, cidades com sistemas V2I demandam uma rede robusta de Unidades Embarcadas (OBUs) nos veículos, que se comunicam com as RSUs e processam dados como alertas de tráfego e rotas alternativas (Lourenço et al., 2018). A precisão das informações depende de sistemas

avançados de posicionamento, como GPS aprimorado, que assegura a localização exata dos veículos, crucial para a eficácia dos sistemas V2I (Han et al., 2019). Novas pistas são apresentadas a partir do método deste estudo.

4.2 NOVAS PISTAS

Após caracterizar o objeto de estudo, extrair novas pistas da revisão de escopo exige não apenas compreender o arco temporal (Figura 3) ou as principais revistas relacionadas ao tema (Figura 4), mas principalmente o conteúdo do corpus textual formado pelos 17 resumos selecionados com base nos critérios de identificação, seleção e elegibilidade descritos na seção 3 (Metodologia). Assim, esta seção se divide em duas partes: a primeira apresenta duas novas pistas a partir das Figuras 3 e 4, enquanto a segunda aborda três novas pistas derivadas da análise textual (Figuras 4 e 5).

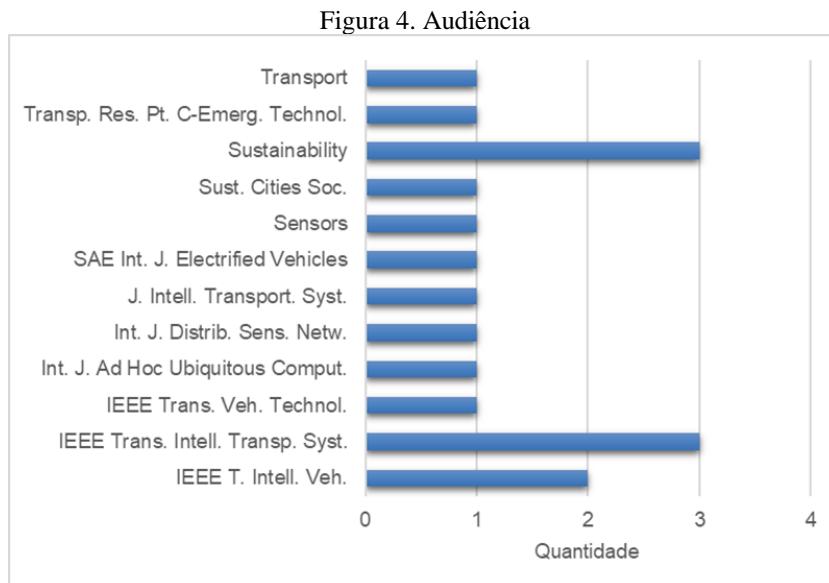
Figura 3. Quantidade de publicações relativas ao tema V2I entre os anos de 2013-2024



Fonte: Elaboração própria (2024).

A primeira nova pista se concentra nos resultados da revisão de escopo, que evidenciam: (a) o fato de os estudos abrangidos terem mais de uma década, compreendendo o período de 2013 a 2024, o que demonstra a robustez da área, visto que não se trata de um tema necessariamente novo no contexto da sustentabilidade; além disso, (b) observa-se, em termos temporais, que após 2015, ou seja, após a publicação da Agenda 2030 com os 17 ODS, houve o maior número de artigos analisados ($n=14$); por fim, (c) a atualidade do tema é destacada pelo fato de, em 2023, terem sido identificados cinco trabalhos ($n=5$), e, embora 2024 ainda não tenha terminado, até o mês de setembro já foram registrados quatro artigos ($n=4$), reforçando o tema como uma questão relevante entre pesquisadores. Em síntese, a Pista 1 indica que se trata de um tema de interesse atual. A seguir, na Figura 4, é

apresentada a audiência sobre a temática, considerando as áreas científicas das revistas nas quais os estudos foram publicados.



Fonte: Elaboração própria (2024).

Patente observar na Figura 4 a segunda pista, qual seja os periódicos que ofereceram audiência a temática V2I tem escopos diversos, marcando a interdisciplinaridade com que a temática precisa ser tratada unindo desde áreas tecnológicas (ex: revista Sensor, n=1) até áreas mais voltadas para a sustentabilidade (Ex: Revista Sustainability, n=3). Embora exista uma centralidade de periódicos da área de transportes inteligentes como um core relevante, a exemplo quando se aglutinam: IEEE Trans.Intell. Transp Syst. (n=3) e J. Intel. Transport. Syst. (n=1), e isto pode estar relacionado ao fato das pesquisas na área terem mais de dez anos, ressalta-se que existe a igualdade entre “inteligência” e “sustentabilidade” nos periódicos que mais publicaram artigos, pois Sustainability (n=3) e igualmente IEEE Trans.Intell. Transp Syst. (n=3). Logo, a Pista 2 seria: A interdisciplinaridade com que V2I precisa ser abordada em termos de pesquisas, favorecendo formação de equipes com formações acadêmicas diversas, a fim de se conseguir os melhores resultados frente aos problemas apresentados no bojo do planejamento urbano e gerenciamento da mobilidade, por exemplo. A seguir são tratados com mais detalhes os resultados temáticos depreendidos do uso do Voyant Tools (2024):

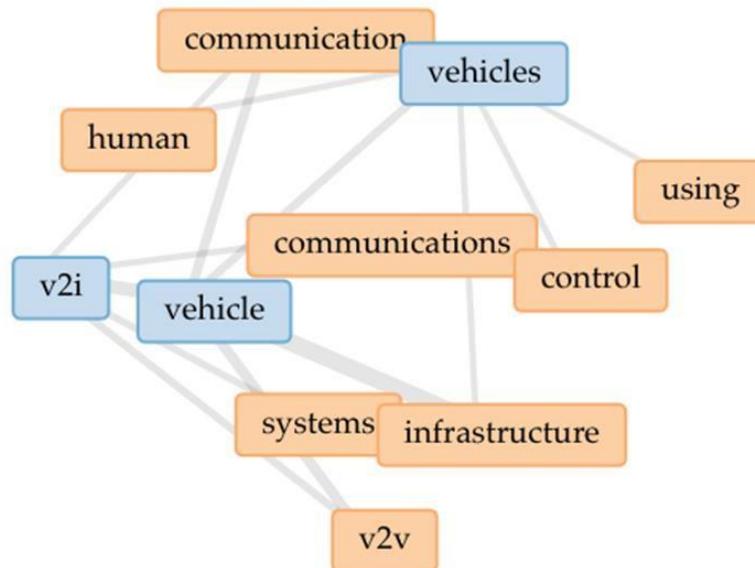
Figura 4. *Cirrus* (Nuvem de Palavras) (n=17)



Fonte: Elaboração própria (2024).

Na Figura 4 ficaram nítidas vários aspectos relevantes, tais como o tipo de veículo, o ônibus (bus, cuja frequência f, foi f=17) e um dos mais expressivo, o que dialoga com a fundamentação teórica e caracterização do objeto. Contudo, a discussão que leva a Pista 3, que centra-se na distribuição de frequência de termos centrais ao problema de pesquisa, a saber: (a) que o termo vehicle/veículo (f=63) e o com maior frequência, que se somado ao termo no plural vehicles/veículos (f=30) é bastante expressivo. Embora o termo V2I apresentou frequência mais baixa (f=20) comprehende-se que parte considerável dos termos veículo e veículos se referem a V2I, pois este foi o alvo da busca, o que torna robusto olhar cuidadosamente não só para o V2I isoladamente, mas dentro deste contexto semântico mais amplo; (b) O mesmo ocorre com os termos relativos a sustentabilidade (sustainability/sustentabilidade f=15 e sustainable/sustentável f=16); (c) Ainda, com os termos smart/inteligente (f=10) e intelligent/inteligente (f=15). Contudo, parece haver uma discrepância discreta quanto à inteligência e à sustentabilidade, sendo que os termos relativos à sustentabilidade parecem mais frequentes do que os relativos à inteligência, ao serem somados. A terceira pista trata da indissociabilidade de ordem temática evidente no corpus textual tratado, o que pode ser útil para compreender a ontologia e a epistemologia dos estudos de V2I. Em outras palavras, quando se trata de V2I sublinha-se que inteligência e sustentabilidade não devem ser vistos como reinos diferentes, mas reinos que se retroalimentam, sendo um em função do outro. A seguir, na Figura 5, são postas lupa nos termos V2I, veículo e veículos para se verificar links mais expressivos, a partir do uso da ferramenta Voyant Tools (2024).

Figura 5. Link (n=17)



Fonte: Elaboração própria (2024).

Na Figura 5 ficou evidente que o tratamento da temática V2I ainda não é tratado como objeto da sustentabilidade e da inteligência isoladamente, bem como conjugadamente, embora a terceira pista tenha apontado para a necessidade disto, e as revistas que deram audiência à temática tratassem disso (Figura 4). Assim, a quarta pista refere-se sobre a necessidade de compreender o V2I frente não somente a infraestrutura, mas a comunicação, sendo este o principal ativo deste tipo de proposta, e ainda, aquelas que se relacionam com o V2V, ou seja, veículo para veículo. Logo, a quinta e talvez a pista mais importante trata sobre a necessidade das dimensões tecnológicas e humanísticas estarem aglutinadas com objetivos comuns, isso trata a inteligência e a sustentabilidade como paradigmas ontológicos ao tratamento dos problemas de V2I. As cinco novas pistas são sintetizadas no Quadro 2:

Quadro 2: Sintetização das 5 novas pistas

Pistas	Descrição
1. Atualidade do tema	Essa pista coloca os pesquisadores e tomadores de decisão, bem como outros <i>stakeholders</i> (partes interessadas) frente a frente com o <i>designer</i> de futuras soluções imbricadas ao planejamento e gerenciamento da mobilidade urbana, sendo relevantes estudos sobre o estado da arte para fortalecer a área.
2. Equipes interdisciplinaridade	A interdisciplinaridade exige a formação de equipes com formações acadêmicas diversas, a fim de se conseguir os melhores resultados frente aos problemas de V2I apresentados no âmbito do planejamento e gerenciamento da mobilidade urbana.
3. Indissociabilidade inteligência e sustentabilidade	A indissociabilidade de ordem temática entre inteligência e sustentabilidade permite compreender característica chave da ontologia e da epistemologia dos estudos de V2I, que precisam ser mais iluminados em futuras investigações sobre planejamento e gerenciamento da mobilidade urbana

4.Comunicação	O papel chave da comunicação no planejamento e gerenciamento da mobilidade urbana, sendo este um dos principais ativos do V2I, e o que leva a continuidades com o V2V, ou seja veículo ou veículo.
5.Tecnologia e Humanidades	Visão holística sobre as dimensões tecnológicas e humanísticas quando se trata do V2I na perspectiva do planejamento e gerenciamento da mobilidade urbana. Essas dimensões devem estar aglutinadas com objetivos comuns, o que permitirá avançar mais no tratamento da inteligência e da sustentabilidade como paradigmas ontológicos ao tratamento dos problemas de V2I.

Fonte: Elaboração própria (2024).

A partir das novas cinco pistas sobre como a tecnologia V2I pode contribuir para o planejamento e gerenciamento da mobilidade urbana extraídas das evidências científicas processadas pela revisão de escopo e análise textual inaugura uma nova fase quanto a passos importantes para unir inteligência e sustentabilidade em prol das tecnologias e humanidades.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho se reafirma que no século XXI em termos de planejamento urbano e gerenciamento da mobilidade urbana não é possível haver nenhuma tecnologia inteligente que não seja sustentável, e vice-versa, e isto inclui o V2I.

Em linhas gerais, o objetivo geral deste estudo foi cumprido pois se identificou o papel da tecnologia V2I no planejamento e gestão da mobilidade urbana, o que foi alcançado com base em evidências científicas e sintetizado no Quadro 2 a partir de um percurso metodológico que dinamizou uma série de técnicas no campo da revisão de escopo e da análise textual descritas na seção Metodologia.

Ressalta-se que para cumprir o objetivo geral em função do problema de V2I, foi fundamental alcançar os objetivos específicos, ou seja, se analisou o V2I como tecnologia associada à inteligência e sustentabilidade e se verificou a aplicação da tecnologia V2I sob a perspectiva do planejamento de transportes e gerenciamento da mobilidade urbana trazendo exemplos nacionais e internacionais.

Em termos metodológicos, sublinha-se que a pesquisa tenha sido de natureza exploratória e descritiva, e tenha se baseado em revisão de escopo, futuros estudos podem expandir para uma revisão sistemática da literatura (RSL) ou seja mais robusta, incluindo outras bases científicas tais como Scopus, e ainda, outras perguntas mais direcionadas a partir do que se identificou no Quadro 2.

Especificamente sobre o suporte do software online Voyant Tools (2024) utilizado para análise textual, recomenda-se em futuros estudos que se utilize outros softwares para se encontrar outras métricas, comparando os resultados, isto pode auxiliar na compreensão ontológica e epistemológica sobre a temática. Um exemplo de software de análise textual adicional seria o Iramuteq, que permite

produzir análise de similitude baseado na Teoria dos Grafos, e análise fatorial de correspondência baseado em Lei hipergeométrica, conforme descrito no Manual de Salviati (2017).

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído da Universidade Federal de Juiz de Fora (PROAC-UFJF) pelo apoio com bolsas e financiamentos, fundamentais para a realização deste estudo. Este trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), sob o Código de Financiamento 001. Manifestamos, ainda, nosso reconhecimento ao Centro Regional de Inovação e Transferência de Tecnologia (Critt UFJF) pelo suporte prestado ao desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- BRUTON, M. J. Introdução ao planejamento dos transportes. Rio de Janeiro: Interciência, 1979.
- CAMPOS, V. B. G. Planejamento de transportes: conceitos e modelos. 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2013.
- DIAS, F. Implantação de sistemas e controladores de semáforos. LinkedIn, 2015. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/implanta%C3%A7%C3%A3o-de-sistemas-e-controladores-semaforos-fl%C3%A1vio-dias/>. Acesso em: 4 set. 2024.
- G1. Semáforos inteligentes: entenda como funciona nova tecnologia que promete desafogar trânsito na zona do rodízio em São Paulo. G1, 19 out. 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2023/10/19/semaforos-inteligentes-entenda-como-funciona-nova-tecnologia-que-promete-desafogar-transito-na-zona-do-rodizio-em-sao-paulo.ghtml>. Acesso em: 4 set. 2024.
- HAN, E.; LEE, H. P.; PARK, S.; SO, Jaehyun (Jason); YUN, Ilsoo. Optimal Signal Control Algorithm for Signalized Intersections under a V2I Communication Environment. *Journal of Advanced Transportation*, [S.L.], v. 2019, p. 1-9, 10 fev. 2019. Hindawi Limited. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1155/2019/6039741>.
- HUSSAIN, S. R.; ODEH, A.; SHIVAKUMAR, A.; CHAUHAN, S.; HARFOUSH, K. Real-time traffic congestion management and deadlock avoidance for vehicular ad hoc networks. *2013 High Capacity Optical Networks and Emerging/Enabling Technologies*, [S.L.], p. 1-5, dez. 2013. IEEE. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1109/honet.2013.6729791>.
- KATSAROS, K.; KERNCHEN, R.; DIANATI, M.; RIECK, D.; ZINOVIOU, C. Application of vehicular communications for improving the efficiency of traffic in urban areas. *Wireless Communications and Mobile Computing*, [S.L.], v. 11, n. 12, p. 1657-1667, 23 nov. 2011. Wiley. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1002/wcm.1233>.
- LOPES, S. Efeitos da dependência espacial em modelos de previsão de demanda por transporte. Dissertação (Mestrado) — Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2005.
- LOURENÇO, M.; GOMIDES, T. S.; SOUZA, F. S. H. de; MENEGUETTE, R. I.; GUIDONI, D. L. A. Traffic Management Service Based on V2I Communication for Vehicular Ad-hoc Networks. Proceedings of the 10th Latin America Networking Conference, [S.L.], p. 1-7, 3 out. 2018. ACM. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1145/3277103.3277132>.
- NAMAZI, H.; TAGHAVIPOUR, A. Traffic flow and emissions improvement via Vehicle-to-vehicle and vehicle-to-infrastructure communication for an intelligent intersection. *Asian Journal of Control*, [S.L.], v. 23, n. 5, p. 2328-2342, 8 mai. 2021. Wiley. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1002/asjc.2508>.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Nova York: ONU, 2015. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>. Acesso em: 3 set. 2024.

PAGE, M. J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ, v. 372, n. 71, p. 1-9, 2021. Disponível em: <https://www.bmj.com/content/372/bmj.n71>. Acesso em: 07 set. 2024.

SALVIATI, M. E. Manual do aplicativo Iramuteq. Planaltina, mar. 2017. Disponível em: <http://www.iramuteq.org/documentation/fichiers/manual-do-aplicativo-iramuteq-par-maria-elisabeth-salviati>. Acesso em: 08 set. 2024.

TRAFFIC SAFETY STORE. 4 Ways Cities Are Using Smart Technology To Control Traffic Congestion. Disponível em: <https://www.trafficsafetystore.com/blog/4-ways-cities-are-using-smart-technology-to-control-traffic-congestion/>. Acesso em: 03 set. 2024.

TRAFFIC TECHNOLOGY TODAY. Las Vegas and Acyclica to deploy V2I Smart City technology to make its streets safer. 04 jan. 2017a. Disponível em: <https://www.traffictechnologytoday.com/news/smart-cities/las-vegas-and-acyclica-to-deploy-v2i-smart-city-technology-to-make-its-streets-safer.html>. Acesso em: 03 set. 2024.

TRAFFIC TECHNOLOGY TODAY. Traffic Technology Services and Siemens partnership will advance V2I deployment. 14 set. 2017b. Disponível em: <https://www.traffictechnologytoday.com/news/smart-cities/traffic-technology-services-and-siemens-partnership-will-advance-v2i-deployment.html>. Acesso em: 03 set. 2024.

VOYANT TOOLS. Voyant Tools. Disponível em: <https://voyant-tools.org/?corpus=719d80f035a37014150f1b65e160b29e>. Acesso em: 07 set. 2024.

ZADOBRISCHI, E.; COSOVANU, L.-M.; DIMIAN, M. Traffic Flow Density Model and Dynamic Traffic Congestion Model Simulation Based on Practice Case with Vehicle Network and System Traffic Intelligent Communication. Symmetry, [S.L.], v. 12, n. 7, p. 1172, 15 jul. 2020. MDPI AG. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/sym12071172>.