

Sistemas Produtivos e Desenvolvimento Profissional: Desafios e Perspectivas**Comunicação Inter Veicular: Uma Análise Bibliométrica do Estado da Literatura**

Nathan Cirillo e Silva

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – São Paulo – Brasil
nathan_cirillo@hotmail.com

Antonio César Galhardi

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – São Paulo – Brasil
prof.galhardi@fatecjd.edu.br

Resumo: As bases de dados eletrônicas são ferramentas essenciais para a geração e difusão do conhecimento na área automotiva. Deste modo, o principal objetivo deste estudo é identificar as principais tecnologias wireless utilizadas na comunicação inter-veicular e as suas aplicabilidades. Para isso, foi adotado como técnica de pesquisa a análise bibliométrica, considerando as publicações existentes na base de dados IEEE Xplore Digital Library. Foram selecionados 194 artigos, os quais foram analisados descritivamente quanto às tecnologias wireless adotadas, periódicos em que foram publicados e descritores mais citados. Os resultados demonstram que as principais tecnologias utilizadas na comunicação inter-veicular são: DSRC, WIFI, WIMAX, Bluetooth, 3G, WAVE, 4G e ZIGBEE.

Palavras-chave: comunicação inter-veicular; vanets; conectividade em veículos.

Summary: The electronic databases are essential tools for the generation and dissemination of knowledge in the automotive field. Thus, the aim of this study is to identify the major wireless technologies used in inter-vehicular communications and its applicability. For this, it was adopted as the bibliometric analysis research technique, considering the publications in the database IEEE Xplore Digital Library. 194 articles were selected, which were analyzed descriptively as the wireless technologies adopted, periodic they were published and most reported. The results show that the main technologies used in the inter-vehicle communication are: DSRC, WiFi, WIMAX, Bluetooth, 3G, WAVE, 4G and ZIGBEE.

Keywords: inter-vehicle communication; vanets; connectivity in vehicles.

1. Introdução

A necessidade de estar conectado enquanto dirige tem mudado significativamente nos últimos anos. Antes, o fato de se ter um rádio para ouvir as estações AM e FM já atendia os anseios dos condutores e passageiros. Agora, os ocupantes não querem apenas isso, mas sim funcionalidades de MP3, conectividade com smart phone e outras aplicações.

Além disso, sofisticadas tecnologias de rede permitem que um veículo se comunique com outro ou com uma base fixa no decorrer de uma rodovia, o que possibilita o surgimento de novas aplicações para o setor. Tais aplicações podem realizar funções cruciais, como: prevenção de colisões, notificação de perigo na estrada, sistema de direção coordenada, e outras funcionalidades relacionadas à segurança e entretenimento (TOOR et al, 2008).

Esta pesquisa, a partir de uma análise bibliométrica, tem por objetivo identificar as principais tecnologias wireless utilizadas na comunicação inter-veicular e as suas aplicabilidades. Procura-se expandir o conhecimento na área, analisando os artigos mais relevantes e buscando identificar lacunas para pesquisas futuras.

O trabalho está estruturado em sete seções, incluindo esta introdução. Na próxima seção são apresentados os conceitos básicos sobre o tema Comunicação Inter-Veicular. Nas seções 4 e 5 são detalhadas as etapas de coleta de dados e de análise bibliométrica. Os artigos considerados mais relevantes são analisados na seção 6. Por fim, são apresentadas as considerações finais.

2. Comunicação inter-veicular: aspectos conceituais

As redes de comunicação inter-veicular, conhecidas também como VANETs (Veicular Ad Hoc Networks), são responsáveis por interconectar um veículo a outro ou a bases fixas ao longo de uma rodovia. Seu conceito básico, de uma forma simplista, é utilizar a tecnologia WLAN (Wireless Local Área Network), a qual tem a função de interconectar computadores e a internet, nos veículos (HARTENSTEIN; LABERTEAUX, 2010).

Dependendo da forma como a informação é transmitida nesta rede, é possível classificá-la como *single-hop* ou *multi-hop*. A principal diferença entre elas é que na rede *single-hop* o veículo apenas poderá transmitir dados para outros que estão em seu mesmo alcance de transmissão. Já na *multi-hop* é possível realizar a transmissão de dados para veículos que estão fora deste alcance (SICHITIU; KIHIL, 2008).

Os veículos podem se comportar de duas formas diferentes durante o encaminhamento de mensagens na rede: *naive broadcasting* e *intelligent broadcasting*. No primeiro caso as mensagens são encaminhadas em intervalos regulares de tempo e quando forem recebidas elas serão analisadas, caso sejam provenientes de um veículo que está atrás, elas serão ignoradas, mas se forem de um veículo que está à frente, o receptor será responsável por encaminhá-las aos seus antecessores. Já no encaminhamento de mensagens inteligentes, caso o veículo perceba que o seu antecessor recebeu a mesma mensagem que ele, o processo de transmissão é cancelado (ZEADALLY et al, 2010).

As redes de comunicação inter-veicular possuem características únicas, as quais são consequências do comportamento do motorista, das limitações de mobilidade e da alta velocidade presente nos veículos. Estas características, abaixo listadas, influenciam na concepção destas redes (YOUSEFI; MOUSAVI; FATHY, 2006).

- a) As rápidas mudanças na topologia das VANETs são difíceis de gerenciar, pois a alta velocidade dos veículos faz com que ela se desfaça rapidamente;
- b) Estas redes estão sujeitas a uma frequente fragmentação. Isso ocorre porque a conectividade depende do ambiente no qual o veículo está inserido;
- c) Elas são bastante sensíveis, fazendo com que qualquer alteração no link de comunicação possa desconectá-los;
- d) Não existem limitações de energia, a não ser devido aos sensores e outros tipos de rede onde a bateria é o maior problema;
- e) No centro de uma cidade ou em rodovias, o tamanho desta rede poderá se tornar bastante significativo;
- f) A densidade da rede é variável e depende do tráfego veicular. Em situações de maior densidade de veículos a rede se tornará mais efetiva;
- g) A topologia desta rede pode ser afetada pelo comportamento do motorista devido à forma como reage às mensagens. Em outras palavras, o conteúdo da mensagem pode modificar a topologia da rede.

As aplicações presentes na comunicação inter-veicular podem ser classificadas em dois grupos distintos: aplicações que melhoram a segurança na estrada e aplicações voltadas ao entretenimento. As aplicações focada em segurança podem reduzir significativamente o número de acidentes. Já as aplicações voltadas ao entretenimento podem tornar a jornada do condutor mais fácil por meio de informações, propagandas, entre outros (TOOR et al, 2008).

Neste sentido, Hartenstein e Laberteaux (2010) citam um conjunto de aplicações desenvolvidas pelo departamento de transporte dos Estados Unidos como forma de ilustrar o uso da comunicação inter-veicular. Abaixo são listadas cada uma delas.

- a) Pagamento Eletrônico de Estacionamento;
- b) Pagamento Eletrônico de Pedágio;
- c) Apresentação de mensagens e advertências aos veículos;
- d) Indicação de sinal de tráfego: Encaminhamento do estado atual;
- e) Alerta de acidentes no caminho;
- f) Quando um veículo perde o controle, os demais são avisados da ameaça;
- g) Alerta quando um veículo próximo oferece ameaça de colisão caso uma mudança de faixa seja tentada.

Destacada a relevância do tema e conceituado o termo Comunicação Inter-Veicular, apresenta-se a seguir o método desta pesquisa.

3. Método

O método utilizado nesta pesquisa é composto pelas etapas de coleta de dados (busca sistemática), seleção dos artigos e análise bibliométrica.

Na etapa de coleta de dados foi definido a base de dados, os termos de busca e os tipos de publicações. A base de dados utilizada foi a IEEE Xplore Digital Library devido a sua importância para a área de estudo. Dentre os termos de busca, definiram-se os seguintes: “*inter-vehicle communication*”; “*connected vehicles*”; “*vehicle-to-vehicle communication*”; “*connectivity in vehicles*”; “*infrastructure-to-vehicle communication*”; “*wireless technology in vehicles*”; “*road-to-vehicle communication*”; “*vehicle-to-infrastructure communication*”. As buscas foram realizadas no dia 16 de junho de 2015, pesquisando os termos em Títulos, Resumos e Palavras-chave. Priorizou-se artigos de journals e de conferências, o que resultou em 1519 publicações.

Na segunda etapa, foram selecionados 194 artigos relevantes sobre o assunto, com base nos Títulos, Palavras-chave e Abstracts do portfólio de 1519 artigos. Para isso, os dados foram exportados para o programa EndNote, o que possibilitou uma busca mais aprofundada dos artigos que tratavam especificamente das tecnologias wireless utilizadas na comunicação inter-veicular. Por fim, foi realizada a última etapa, a análise bibliométrica.

A bibliometria pode ser entendida como uma ferramenta quantitativa que visa minimizar a subjetividade inerente à indexação e recuperação das informações, produzindo conhecimento em uma determinada área (GUEDES; BORSCHIVER, 2005). Na etapa de bibliometria geraram-se gráficos das tecnologias mais utilizadas na comunicação inter-veicular, dos autores que mais publicam nesta área, dos periódicos em que foram publicados e dos artigos mais citados.

Utilizando-se dessas informações, selecionou-se os artigos encontrados mais citados e relevantes para analisá-los na íntegra. Os objetivos dessa fase são o de apresentar as diferentes abordagens sobre o tema e de identificar lacunas para futuras pesquisas.

4. Coleta de dados

Na etapa de coleta de dados foram determinados os termos de busca com base na leitura de artigos relevantes sobre o tema Comunicação Inter-Veicular. As buscas foram realizadas no dia 16 de junho de 2015 na base de dados IEEE Xplore Digital Library. A pesquisa foi realizada com base no Título dos Artigos, Abstracts e Palavras-chave. Além disso, o tipo de documento foi definido como publicações em Journals ou Conferências, no intuito de não perder algum conteúdo relevante que foi apresentado em conferências.

Como resultado da busca para cada descritor obteve-se: Inter-Vehicle Communication = 515; Connected Vehicles = 363; Vehicle-to-Vehicle Communication = 531; Connectivity in Vehicles = 1; Infrastructure-to-Vehicle Communication = 24; Wireless Technology in Vehicles = 1; Road-to-Vehicle Communication = 37; Vehicle-to-Infrastructure Communication = 47.

No total foram retornados 1519 artigos. Em seguida, os resultados de cada busca foram importados para a ferramenta EndNote® para que fosse possível realizar uma pesquisa mais aprofundada a fim de identificar os artigos que tratavam especificamente das tecnologias wireless na comunicação inter-veicular. Após a seleção, montou-se um portfólio de 194 artigos, os quais foram trabalhados na análise bibliométrica a seguir.

5. Análise bibliométrica

Dos 194 artigos, 21 são artigos de Journals (Journals & Magazines) e 173 são de conferências (Conference Publications).

A primeira análise apresenta a frequência das palavras-chave, para isso foi considerada as dez palavras mais citadas nestes artigos, conforme apresentado na figura 1.

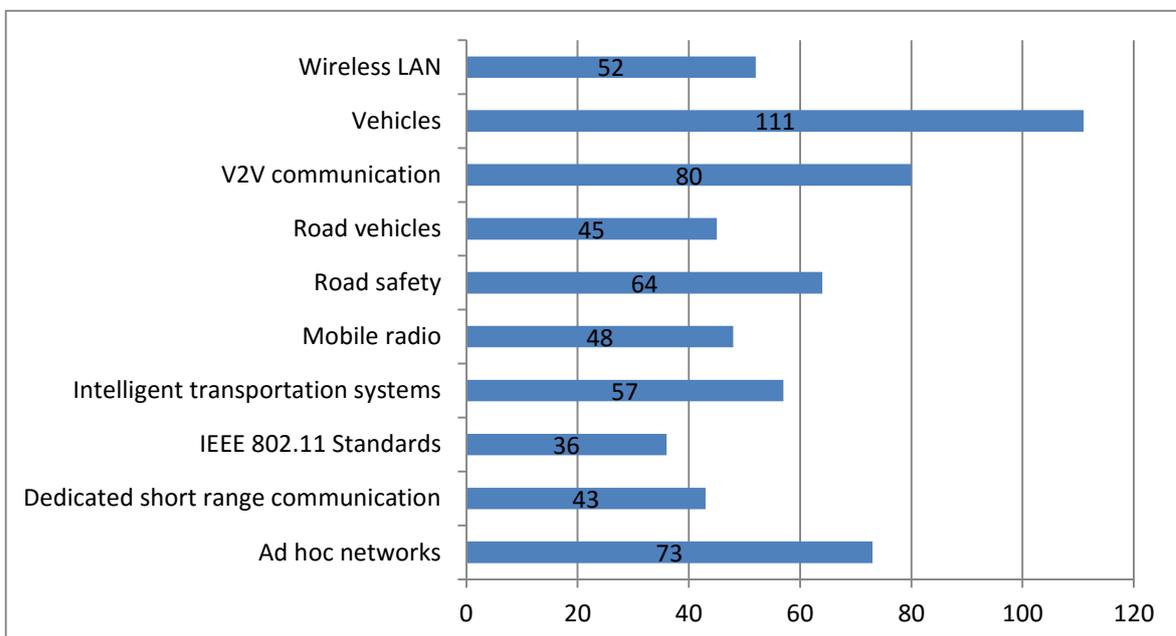


Figura 1 - Frequência das palavras-chave (as dez mais citadas)

Fonte: Elaborado pelos autores

A segunda análise foi realizada com o intuito de identificar os autores que mais publicam artigos relacionados à Comunicação Inter-Veicular (Figura 2). Destacam-se os autores Sommer, Sang-Sun e Dressler.

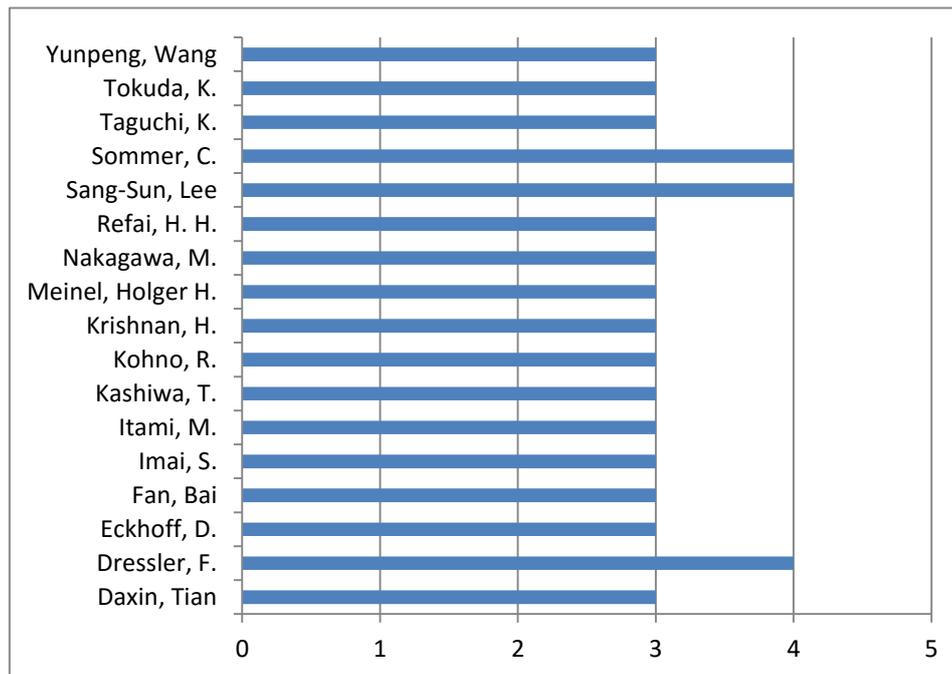


Figura 2 - Autores com mais publicações (corte de no mínimo 3)

Fonte: Elaborado pelos autores

Outra análise realizada se refere aos autores mais citados (Figura 3). Foi utilizada a base de dados IEEE Xplore Digital Library para checar o número de citações. Foram considerados os 20 artigos mais citados na área.

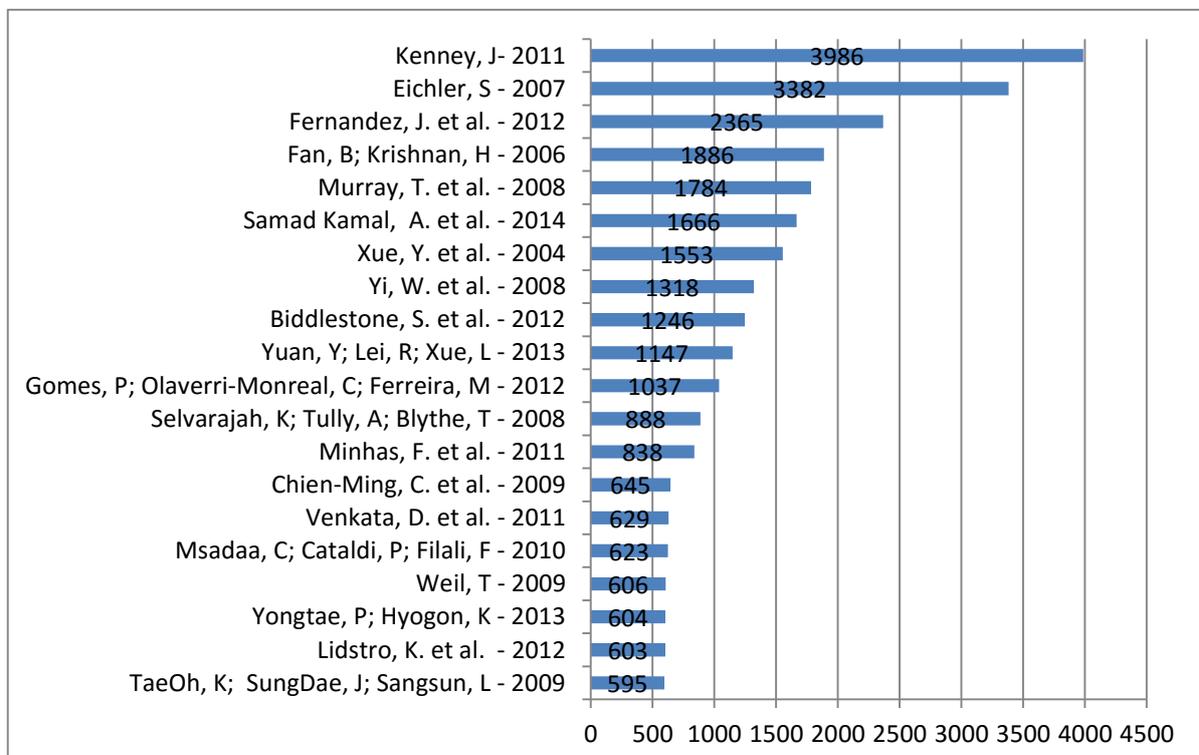


Figura 3 - Autores mais citados (20 principais)

Fonte: Elaborado pelos autores

Procurou-se também verificar as publicações por país (Figura 4). Destaca-se que os Estados Unidos, o Japão e a China possuem o maior número de publicações.

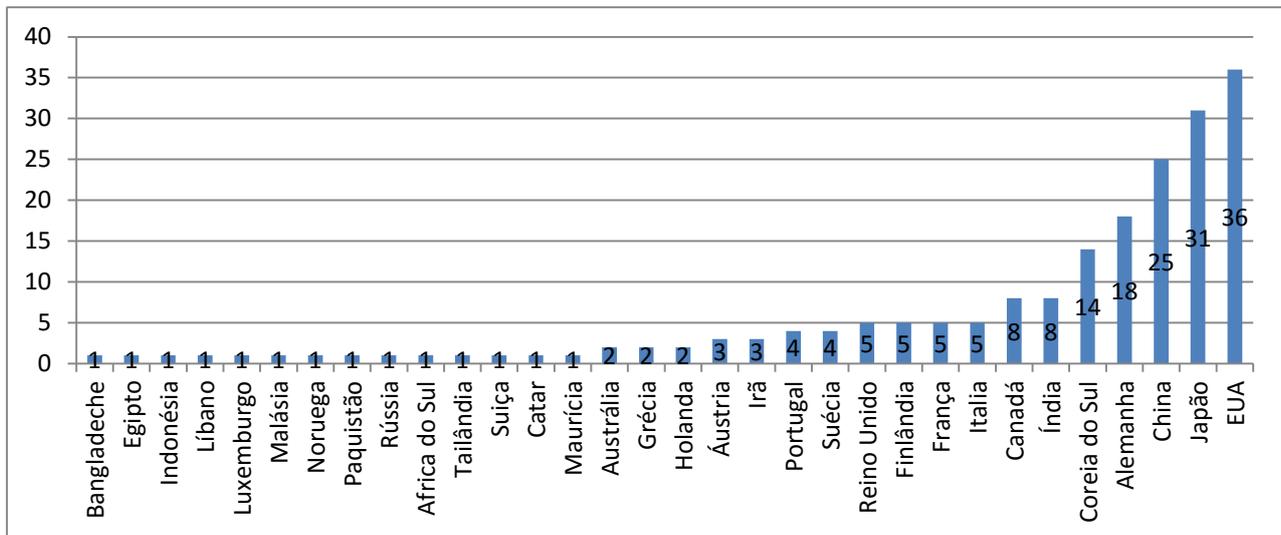


Figura 4 - Publicações por país dos artigos selecionados (n = 194)

Fonte: Elaborado pelos autores

Com base nos 173 artigos de Conferência, gerou-se um gráfico das conferências que obtiveram um maior número de trabalhos apresentados sobre Comunicação Inter-Veicular (Figura 5).

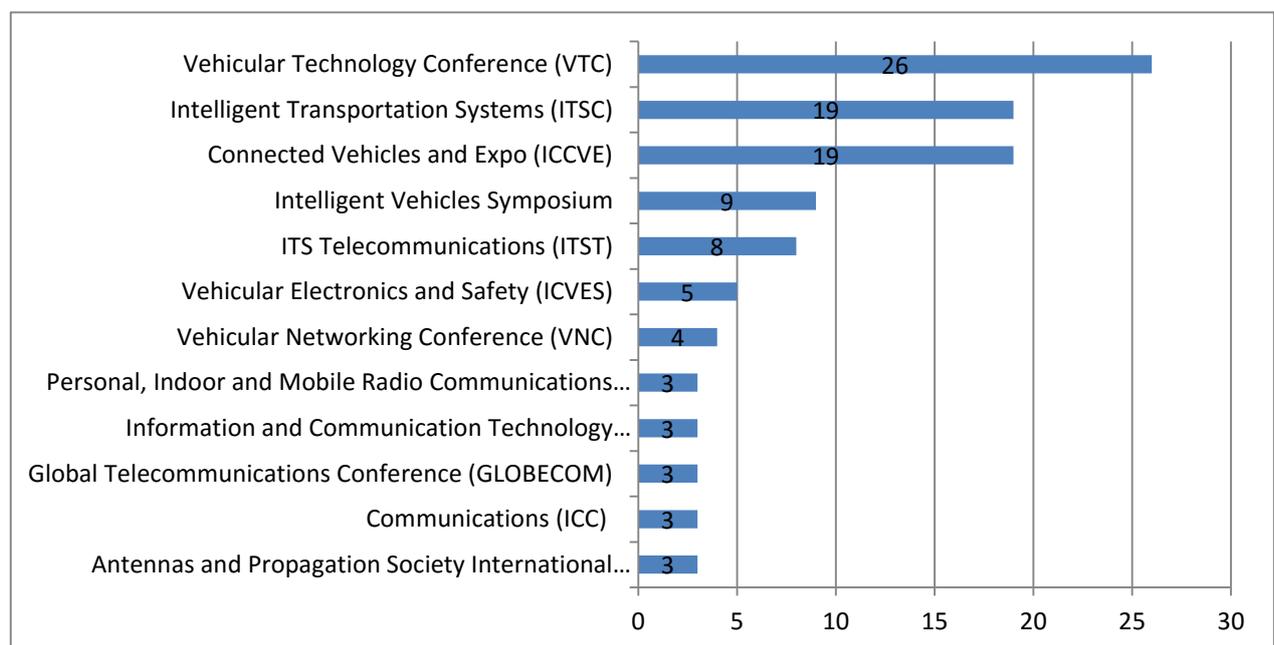


Figura 5- Conferências com mais artigos apresentados (corte de no mínimo 3)

Fonte: Elaborado pelos autores

Por fim, dos 194 artigos selecionados, buscou-se identificar quais tecnologias de comunicação inter-veicular foram adotadas pelos autores. Para isso, criou-se um gráfico com as principais tecnologias citadas, levando em consideração a quantidade de trabalhos em que aparece cada uma delas (Figura 6).

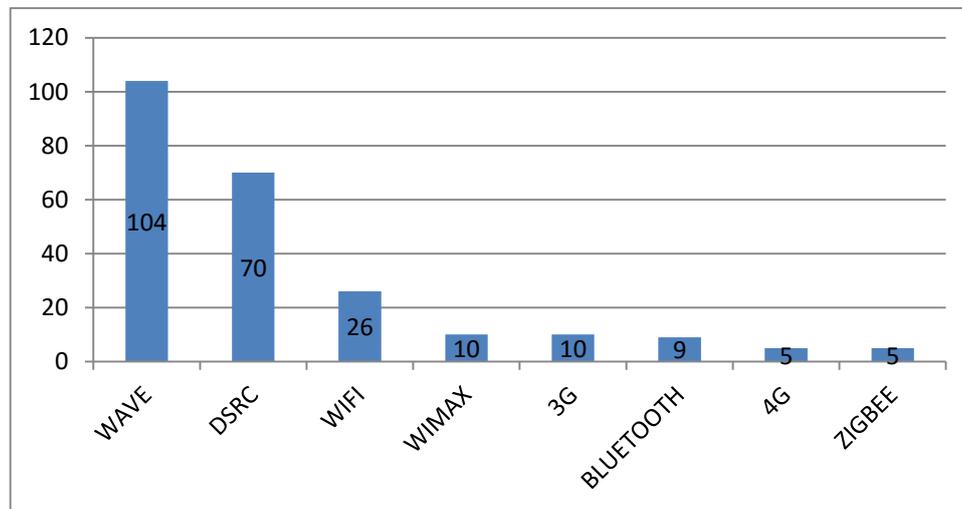


Figura 6 - Principais tecnologias wireless citadas pelos artigos

Fonte: Elaborado pelos autores

6. Análise dos artigos

Com base na análise bibliométrica, examinou-se os artigos mais citados e relevantes para então realizar uma análise sobre a abordagem utilizada por cada autor sobre o uso das tecnologias wireless na comunicação inter-veicular.

A referência mais citada é a obra do autor Kenney (2011), a qual trata do potencial da comunicação wireless para o surgimento de novas aplicações, principalmente aquelas voltadas à segurança. Além disso, seu estudo mostra como a tecnologia DSRC tem sido adotada nos Estados Unidos e como pode ser melhorada por meio da integração com outros padrões.

Eichler (2007) apresenta uma avaliação da tecnologia WAVE (Wireless Access in Vehicular Environments) por meio de simulações e métodos analíticos, considerando principalmente a probabilidade de colisão. Chegou-se a conclusão de que esta tecnologia pode priorizar as mensagens, porém em um cenário de alta densidade, o atraso será significativamente maior.

Como as redes veiculares são dinâmicas devido a sua mobilidade, garantir uma comunicação confiável é um desafio. Neste sentido, Fernandez et al. (2012) propõe um modelo de equalização dinâmica, baseado na tecnologia DSRC, que visa melhorar a taxa de erro dos pacotes e conseqüentemente a qualidade na transmissão dos dados.

O padrão 802.11-p tem sido considerado promissor para melhorar a segurança do transporte e a eficiência das estradas. No entanto, existem poucos estudos que comprovam a sua eficiência em condições de operação real. Assim, Fan e Krishnan (2006) testam a sua eficiência por meio de um experimento que

envolve três veículos equipados com esta tecnologia, sinal de GPS e um conjunto de aplicações voltadas à segurança.

Murray et al. (2008) propõe a utilização do simulador ns-2, o qual possibilita identificar a média de atraso e as perdas de pacotes, a fim de mensurar o desempenho da tecnologia WAVE na camada MAC.

Devido à importância da comunicação inter-veicular para a melhoria do gerenciamento de tráfego, Samad et al. (2014) apresenta um sistema de condução veicular que permite melhorar a fluidez do tráfego. Para isso, o sistema regula a distância segura entre os veículos, aliviando o efeito da frenagem dos que estão à frente.

Por fim, Xue et al. (2004) propõe a utilização de um protocolo de comunicação veicular para avisos de colisão. Segundo os autores este protocolo além de ser eficaz, compreende políticas de controle de congestionamento, mecanismos de diferenciação de serviços e métodos de disseminação do alerta de emergência.

7. Considerações Finais

Esta pesquisa teve como objetivo fazer uma análise bibliométrica da literatura sobre Comunicação Inter-Veicular a fim de identificar as principais tecnologias wireless adotadas em sua concepção. Identificou-se os artigos mais citados, conferências com mais publicações, bem como as palavras-chave relacionadas ao tema.

Dentre os autores com mais publicações sobre o tema, destacaram-se os pesquisadores Sommer, Sang-Sun e Dressler. Identificou-se que a maioria dos artigos é produzida em universidades localizadas nos Estados Unidos, Japão e China. A conferência que teve mais trabalhos apresentados foi a Vehicular Technology Conference (VTC).

Com relação à frequência das palavras-chave, destacaram-se os seguintes descritores: Wireless LAN; Vehicles; V2V Communication; Road Vehicles; Road Safety; Mobile Radio; Intelligent Transportation Systems; IEEE 802.11 Standards; Dedicated Short Range Communication; Ad Hoc Networks.

Após a análise bibliométrica, os artigos mais citados e relevantes foram analisados na íntegra, no intuito de compreender a abordagem utilizada por cada autor. Destaca-se que o foco de muitos autores está no desafio de melhorar a comunicação inter-veicular, tornando-a mais confiável.

Com base neste trabalho sobre Comunicação Inter-Veicular, podem-se direcionar estudos futuros relacionando o tema com tecnologias mais novas como é o caso do 4G e ZIGBEE, os quais têm sido pouco explorados.

Referências

- EICHLER, S. Performance Evaluation of the IEEE 802.11p WAVE Communication Standard. In: Vehicular Technology Conference, 2007. VTC-2007 Fall. 2007 IEEE 66th, 2007.
- FAN, B; KRISHNAN, H. Reliability Analysis of DSRC Wireless Communication for Vehicle Safety Applications. In: Intelligent Transportation Systems Conference, 2006.
- FERNANDEZ, J; et al. Performance of the 802.11p Physical Layer in Vehicle-to-Vehicle Environments. Vehicular Technology, 2012.
- GUEDES, Vânia L. S; BORSCHIVER, Suzana. Bibliometria: uma ferramenta estatística para a gestão da informação e do conhecimento, em sistemas de informação, de comunicação e de avaliação científica e tecnológica. In: ENCONTRO NACIONAL DE CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, 6, 2005, Salvador.
- HARTENSTEIN, H; LABERTEAUX, K. VANET: Vehicular Applications and Inter-Networking Technologies. John Wiley & Sons: United Kingdom, 2010.
- KENNEY, J. Dedicated Short-Range Communications (DSRC) Standards in the United States. Proceedings of the IEEE, 2011.
- MURRAY, T; et al. Measuring the performance of IEEE 802.11p using ns-2 simulator for vehicular networks. In: Electro/Information Technology, 2008.
- SAMAD, K; et al. Smart Driving of a Vehicle Using Model Predictive Control for Improving Traffic Flow. Intelligent Transportation Systems, 2014.
- SICHITIU, M; KIHIL, M. Inter-Vehicle Communication Systems: A Survey. IEEE Communications Surveys, v.10, n.2, 2008.
- TOOR, Y; et al. Vehicle Ad Hoc Networks: Applications and Related Technical Issues. IEEE Communications Surveys, v.10, n.3, 2008.
- XUE, Y; et al. A vehicle-to-vehicle communication protocol for cooperative collision warning. In: Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services, 2004.
- YOUSEFI, S; MOUSAVI, M; FATHY, M. Vehicular Ad Hoc Networks (VANETs): Challenges and Perspectives. In: 6th International Conference on ITS Telecommunications Proceedings, 2006.
- ZEADALLY, S; et al. Vehicular Ad Hoc Networks (VANETS): status, results and challenges. Springer Science, 2010.