

Análise bibliométrica da produção científica sobre segurança de veículos autônomos

Victor Hugo Souza de Abreu¹

Tássia Faria de Assis²

Andrea Souza Santos³

RESUMO

Os veículos autônomos (VAs), como parte importante do sistema inteligente de transporte, têm atraído a atenção de pesquisadores durante as últimas décadas. Um dos assuntos mais recorrentes sobre VAs busca verificar aspectos relacionados à segurança da tecnologia, para que sua implantação no mercado seja viável e aplicada em larga escala. Este artigo apresenta uma análise bibliométrica das pesquisas sobre o assunto, realizada na base de dados *Web of Science*, para identificar suas principais características, evolução e potenciais tendências. Os estudos focados na segurança sobre os VAs continuam em expansão e são publicados em periódicos renomados, principalmente nas áreas de tecnologia da ciência do transporte e engenharia elétrica e eletrônica, e podem ser divididos entre aqueles que buscam melhorar o desempenho dos sistemas responsáveis por responder adequadamente a um possível acidente de tráfego ou a um ataque cibernético. Quanto aos acidentes, os artigos mais relevantes sobre o assunto indicam que é importante que o VA seja capaz de conduzir com habilidade e segurança em ambientes incertos, minimizando riscos potenciais. Quanto aos possíveis ataques cibernéticos, é importante que o VA tenha redundância suficiente em qualquer fonte de entrada, para permitir proteção eficiente contra possíveis ataques. Essas ações servem para aumentar a aceitação dos potenciais usuários e para tornar a tecnologia viável para comercialização.

Termo de indexação: bibliometria, segurança, veículos autônomos.

Bibliometric analysis of the scientific production on autonomous vehicle safety

ABSTRACT

As an important part of the intelligent transport system, the autonomous vehicles (AVs) have attracted the attention of researchers during the last decades. One of the most recurring topics about AVs is to verify their technology safety aspects, to guarantee that their market deployment is feasible and widely applied. This paper presents a bibliometric analysis of the researches on the subject, from the Web of Science database, to identify their main characteristics, evolution, and potential trends. Safety-focused studies on AV continue to expand and are published in renowned journals, mainly in the areas of transport science technology and electrical and electronic engineering, and can be divided into those that seek to improve the performance of systems responsible

¹ Doutorando do Programa de Engenharia de Transportes do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ. E-mail: victor@pet.coppe.ufrj.br.

² Doutoranda do Programa de Engenharia de Transportes do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ. E-mail: tassiafa@pet.coppe.ufrj.br.

³ Professora Adjunta do Programa de Engenharia de Transportes do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ. E-mail: andrea.santos@pet.coppe.ufrj.br.

Ideias centrais

- As cidades passaram por transformações e avanços tecnológicos ao longo do tempo.
- Atualmente, tem-se almejado impactar o sistema de transportes por meio da inovação baseada no veículo.
- Os Veículos Autônomos (VAs) são uma evolução promissora da tecnologia atual dos veículos e dos sistemas avançados de assistência ao motorista.
- Continua sendo um desafio projetar um sistema de VAs que possa executar com segurança quase todas as situações.
- Buscou-se aqui, por meio da bibliometria, realizar um apanhado geral de estudos que tratem de estratégias utilizadas para avaliar e aumentar a segurança dos VAs.

Recebido em
25/01/2020

Aprovado em
18/12/2020

Publicado em
29/04/2021



This article is published in Open Access under the Creative Commons Attribution licence, which allows use, distribution, and reproduction in any medium, without restrictions, as long as the original work is correctly cited.

for responding appropriately to an accident, or to a cyberattack. As to accidents, the most relevant articles on the subject indicate that it is important that the AV is able to drive skillfully and safely in uncertain environments, minimizing potential risks. As to possible cyberattacks, it is important that the AV has sufficient redundancy in any input source, to allow of an efficient protection against possible attacks. These actions serve to increase the acceptance of potential users and to make the technology viable for commercialization.

Index terms: bibliometrics, safety, autonomous vehicles.

INTRODUÇÃO

As cidades passaram por inúmeras transformações e avanços tecnológicos ao longo do tempo. Os sistemas e tecnologias de transporte têm sido parte integrante dessas transformações (Bagloee et al., 2016). Nas últimas décadas, houve uma integração substancial dos avanços nas tecnologias de comunicação sem fio e no poder de processamento e detecção nos sistemas de gerenciamento de tráfego, com o objetivo de melhorar a mobilidade, sustentabilidade, segurança e confiabilidade desses sistemas (Hu et al., 2016; Talebpour & Mahmassani, 2016).

Atualmente, tem-se almejado impactar o sistema de transportes por meio da inovação baseada no veículo (Wuthishuwong & Traechtler, 2013; Dong et al., 2019). Em particular, os veículos autônomos (VAs) são uma evolução promissora da tecnologia atual dos veículos e dos sistemas avançados de assistência ao motorista (Li et al., 2016; Cui et al., 2019). VAs são veículos capazes de detectar o ambiente interno e externo e de navegar sem a contribuição humana (Zhang et al., 2019). Assim, os VAs têm sido considerados o futuro sustentável, por fornecer maior segurança nas estradas, fluxo de tráfego eficiente e por facilitar o uso produtivo do tempo e menor consumo de combustível, melhorando a mobilidade e, portanto, o bem-estar geral da sociedade (Fernandes & Nunes, 2012; Burns, 2013; Hobert et al., 2015; Le Vine et al., 2015; Bagloee et al., 2016; Victor et al., 2016; Favaro et al., 2017; Liu et al., 2017; Pendleton et al., 2017; Banerjee et al., 2018; Nunes et al., 2018).

Entretanto, embora muitas situações de direção sejam relativamente fáceis de serem manipuladas por um VA, é um desafio projetar um sistema que possa executar com segurança quase todas as situações (Campbell et al., 2010; Zohdy et al., 2012; Li et al., 2016; Nunes et al., 2018; Blake et al., 2020). Além disso, isso abrange uma série de questões técnicas e sociais para sua aceitação e implantação (Learner, 2015; Koopman & Wagner, 2017). Em razão do alto fluxo de veículos e do ambiente de comunicação complexo, é muito desafiador fornecer comunicações veiculares eficientes e confiáveis para satisfazer diferentes requisitos, especialmente maior confiabilidade e menor latência (Peng et al., 2019).

Pode haver muitas causas diferentes para a ocorrência de um risco de segurança durante a operação de um VA. Pode ser uma falha no sensor ou no atuador, planejamento incorreto da rota, eventos inesperados no ambiente ou manobras de outros veículos (Wardzinski, 2008). Assim, quando uma falha é inevitável, é crucial que os VAs reconheçam os objetos em seu caminho, para que possam agir da melhor maneira possível (Wardzinski, 2008; Fagnant & Kockelman, 2015; Kalra & Paddock, 2016; Cui et al., 2019).

Outra preocupação refere-se às ameaças à cibersegurança, já que, por haver tecnologia autônoma acoplada aos veículos, há a possibilidade de que ataques cibernéticos coloquem em risco a estrutura física dos VAs e a vida de seus usuários, bem como os demais componentes viários (Petit & Shladover, 2015; Anderson et al., 2016; Ferdowsi et al., 2018). Nesse sentido, ao longo das últimas décadas, têm sido desenvolvidos diversos estudos que buscam avaliar e aumentar a segurança dos VAs, de modo a tornar a tecnologia implantada nesses veículos viável e confiável à comercialização em larga escala (Broggi et al., 2013; Fagnant & Kockelman, 2015; Li et al., 2016; Pendleton et al., 2017; Cui et al., 2019; Li et al., 2020).

Este artigo busca realizar, por meio da bibliometria, um apanhado geral de estudos que tratam de estratégias utilizadas para avaliar e aumentar a segurança dos VAs. A bibliometria consiste na aplicação de técnicas estatísticas e matemáticas que permitem que pesquisadores baseiem suas descobertas em dados bibliográficos agregados, contribuindo, assim, para o conhecimento científico

(Araújo, 2006; Durieux & Gevenois, 2010; Zupic & Čater, 2015). Este artigo torna-se pertinente ao tratar de um assunto atual, com elevada relevância científica, que carece de estudos brasileiros relacionados. Além disso, ao longo do desenvolvimento deste estudo, não se identificaram artigos que busquem desenvolver uma revisão com abordagem bibliométrica que relacione especificamente a segurança viária aos VAs.

Este estudo tem como objetivos específicos apresentar a evolução das publicações e citações ao longo dos anos; identificar os principais periódicos e países que mais publicam estudos sobre o assunto; verificar as principais áreas de aplicação desses estudos e os termos de indexação mais recorrentes; realizar um breve resumo dos artigos mais citados na base de dados; e identificar as principais contribuições expostas nos principais estudos sobre a segurança dos VAs.

Para alcançar seus objetivos, o artigo está estruturado da seguinte forma: apresenta uma revisão da literatura sobre o estudo de segurança de VAs; descreve o procedimento metodológico aplicado para atingir os objetivos; apresenta os resultados bibliométricos e uma breve descrição dos estudos mais relevantes do repositório de pesquisa; e, por fim, considerações finais.

SEGURANÇA DE VEÍCULOS AUTÔNOMOS

As tendências recentes da indústria automotiva apontam na direção da evolução gradativa de eletrônicos, computadores e controles, com ênfase na funcionalidade aprimorada e na robustez geral do sistema (Keviczky et al., 2006; Jalalmaab et al., 2015; Bissell et al., 2018). Além disso, o rápido desenvolvimento da tecnologia da comunicação e a necessidade de atender ao envelhecimento da população nos países desenvolvidos tornaram os VAs uma necessidade e um paradigma comercial vital (Hong et al., 2008; Bagloee et al., 2016).

VAs representam uma mudança virtualmente perturbadora, embora benéfica ao sistema de transporte, porque têm potencial para afetar a segurança do veículo, o congestionamento e o comportamento da viagem (Fagnant & Kockelman, 2015). Além disso, a inteligência da máquina pode tornar a condução mais eficiente quanto ao consumo de combustível (Nunes et al., 2018). Os VAs foram prototipados com avanços substanciais nas tecnologias de detecção e reconhecimento de padrões e inteligência de controle associados (Talebpour & Mahmassani, 2016; Chan, 2017; Liu et al., 2017).

O sistema de controle de VAs consiste geralmente dos seguintes módulos: percepção do ambiente; planejamento e tomada de decisão; e controle do veículo (Kim et al., 2016; Zhang & Wang, 2016). A percepção do ambiente obtém informações sobre a via por sensores externos, tais como *lasers*, câmeras e radar, e depois funde a informação por meio da construção de mapas de ambiente para determinar superfícies dirigíveis. O planejamento e a tomada de decisão reúnem e manipulam informações sobre tarefas e as combinam com os estados do veículo e informações de superfícies acionáveis, para determinar o caminho desejado e o perfil de velocidade. O controle do veículo coordena o motor, freios e direção para rastrear o caminho desejado e velocidade (Zhu et al., 2017).

Muitas pessoas ficam gravemente feridas ou até perdem vidas em acidentes de trânsito em consequência de erros humanos, inclusive erros dos motoristas e erros de outros usuários da estrada. Para melhorar a segurança do tráfego rodoviário, o desenvolvimento de VAs é uma estratégia valiosa (Zohdy et al., 2012; Deb et al., 2017; Liu et al., 2017; Pendleton et al., 2017; Nunes et al., 2018; Cui et al., 2019).

Os VAs têm o potencial de mitigar significativamente muitos dos erros que os motoristas cometem rotineiramente (Fagnant & Kockelman, 2015; Anderson et al., 2016; Cui et al., 2019; Zhang et al., 2019) e, conseqüentemente, têm a possibilidade de melhorar a segurança viária (Li et al., 2016). Isso porque apresentam melhor percepção (ausência de pontos cegos), melhor tomada de decisão (planejamento mais preciso para manobras de direção complexas, como estacionamento paralelo) e melhor execução (por exemplo, mais rápido e mais preciso controle de direção, freios e aceleração) (Kalra & Paddock, 2016; Tæihagh & Lim, 2019).

No entanto, os VAs não podem eliminar todas as falhas (Campbell et al., 2010; Li et al., 2016; Kalra & Paddock, 2016). Como exemplo, citam-se as condições climáticas adversas e ambientes de condução complexos, que apresentam desafios para os sistemas de resposta aos incidentes, bem como para os motoristas (Fagnant & Kockelman, 2015).

Além disso, há a possibilidade de sérios riscos de colisão resultantes de ataques cibernéticos (Petit & Shladover, 2015; Anderson et al., 2016). Por exemplo, um invasor poderia interpor o estágio de processamento de dados do VA, reduzir a confiabilidade das medições, injetando dados defeituosos, e, finalmente, induzir acidentes ou comprometer o fluxo de tráfego. Tais interrupções de fluxo também poderiam se espalhar, como um efeito cascata, para outras infraestruturas críticas interdependentes, como redes de energia ou sistemas de comunicação celular, acarretando um colapso geral (Ferdowsi et al., 2018).

Segurança e proteção são cruciais nos VAs, pois quaisquer falhas ou ataques podem levar a grandes perdas de segurança (Danks & London, 2017; Hashem Eiza & Ni, 2017; Cui et al., 2019). Dessa forma, as tecnologias implantadas em VAs precisam solucionar ou pelo menos minimizar riscos potenciais, de modo a aumentar a segurança dos VAs, dos motoristas desses veículos e dos demais componentes das vias, como pedestres e condutores de veículos sem automação (Cui et al., 2019; Taeihagh & Lim, 2019). Além disso, um veículo sem motorista deve poder parar com segurança, se seus algoritmos de prevenção de riscos funcionarem mal, suas câmeras quebrarem, ou se seus mapas internos desaparecerem (Nunes et al., 2018).

Portanto, um grande número de centros de pesquisa está trabalhando na definição do conjunto de sensores, algoritmos de percepção, inteligência a bordo, arquiteturas de controle e camadas de comunicação que provavelmente constituirão o básico dos futuros veículos. Além disso, testes extensivos e possivelmente exaustivos devem ser executados em estradas reais, para expor os veículos ao maior conjunto de cenários reais e desafiar todos os seus subsistemas com comportamentos diferentes (Broggi et al., 2010a, 2010b, 2012, 2013).

Assim, uma solução holística torna-se necessária e deve, essencialmente, incluir uma ampla apreciação da gama de desafios (e soluções possíveis) de todas as partes interessadas e disciplinas envolvidas (Koopman & Wagner, 2017). Nesse sentido, este estudo busca identificar na literatura científica estudos diretamente aplicáveis ao assunto, por meio de análise bibliométrica, conforme discussão nas próximas seções.

PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

O procedimento metodológico deste artigo adota a bibliometria para análise de estudos sobre a segurança de VAs. A bibliometria consiste na aplicação de técnicas estatísticas e matemáticas para descrever aspectos da literatura, tais como crescimento das publicações e citações, principais periódicos, países, autores, termos de indexação etc. Ou seja, utiliza mais métodos quantitativos do que discursivos (Araújo, 2006; Durieux & Gevenois, 2010).

Com a utilização da bibliometria, é possível amplificar o conhecimento de determinadas comunidades científicas, bem como identificar os comportamentos e a qualidade das publicações (Ferreira, 2010). Os métodos bibliométricos são uma ajuda útil nas revisões de literatura, mesmo antes do início da leitura, pois guiam o pesquisador para os trabalhos mais influentes, mapeando o campo de pesquisa, sem viés subjetivo (Zupic & Čater, 2015). O procedimento metodológico adotado nesse artigo está exposto na Figura 1.

No Passo 1, os termos de pesquisa mais adequados para coleta de dados, embora intuitivos, foram definidos por meio de uma pesquisa em fontes primárias e de testes realizados na base de dados. Além disso, também foram definidos os critérios de inclusão dos artigos, necessários para a filtragem inicial, e os critérios de qualificação, necessários para uma filtragem mais aprofundada. Na descrição de todas as estratégias de busca, TS = Tópico indica as palavras que são pesquisadas nos títulos, resumos e palavras-chave dos artigos (Tabela 1).

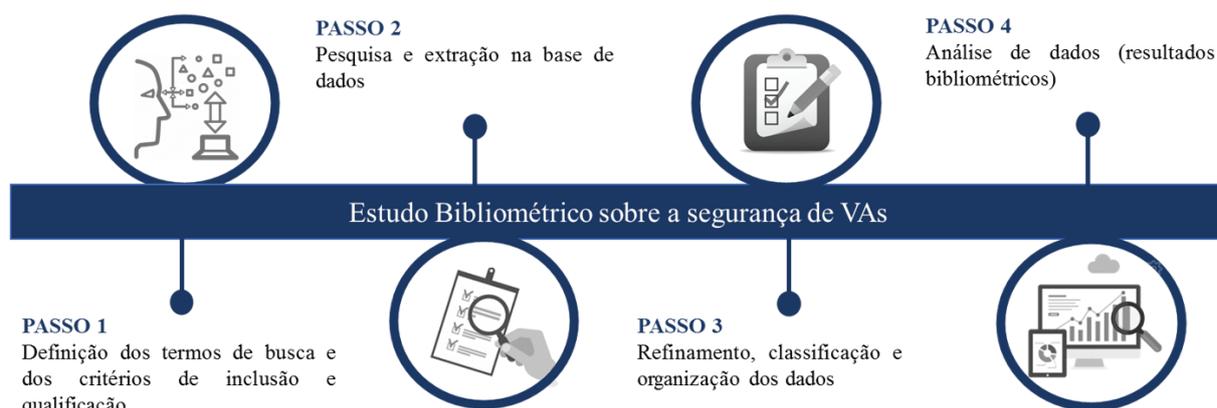


Figura 1. Passos do procedimento metodológico.

Tabela 1. Descrição das estratégias de buscas.

Critério	Descrição
Tópico	TS = (“ <i>autonomous vehicle*</i> ” AND <i>safety</i>)
Base de Dados	<i>Web of Science</i>
Índices	SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI
Inclusão	I) Tempo de cobertura: todos os anos da base de dados (1945 – 2019). II) Enquadramento com o objetivo proposto. III) Fator de impacto do periódico. IV) Tipos de documentos: somente artigos e congressos conceituados.
Qualificação	I) A pesquisa apresenta uma revisão bibliográfica bem fundamentada? II) O estudo apresenta inovação técnica? III) As contribuições são discutidas? IV) As limitações são explicitamente declaradas? V) Os resultados e conclusões são consistentes com os objetivos pré-estabelecidos?
Data da procura	04 de janeiro de 2020, as 12h00min

No Passo 2, os termos escolhidos, com os filtros de inclusão, foram introduzidos na base de dados *Web of Science*, que apresenta alcance e cobertura satisfatórios (Chen, 2010). O *Web of Science* é um recurso multidisciplinar que oferece acesso a seis bancos de dados de citações (Durieux & Gevenois, 2010). Posteriormente, os artigos encontrados pela busca bibliográfica foram extraídos para futura análise. No Passo 3, fez-se o refinamento (critérios de qualificação) e a classificação dos artigos selecionados e a organização do banco de dados. As atividades realizadas no Passo 3 são de suma importância porque podem identificar artigos que, apesar de terem sido inicialmente incluídos, não apresentam relação direta (qualidade e aplicabilidade) com o tema estudado. No Passo 4, fez-se a análise dos dados, conforme descrito em “Resultados”.

RESULTADOS

A partir da busca realizada na base de dados *Web of Science* (Clarivate Analytics, 2020), foi possível verificar que 571 publicações estavam aptas a serem incluídas no repositório de pesquisa, ou seja, atendiam aos critérios de inclusão e qualificação (qualidade e aplicabilidade).

A evolução das publicações sobre o tema, ao longo dos anos, permite identificar se um assunto está defasado ou em alta, seguindo uma curva ascendente, com diversas oportunidades de estudos. Na Figura 2, verificou-se que a primeira publicação foi registrada em 1991, dado que mostra que o

assunto é antigo. Entretanto, observou-se que a constância das publicações só ocorreu a partir de 2000. Além disso, o assunto continuou em expansão, com ápice em 2019 com 201 publicações; e a curva acumulada representa o interesse crescente sobre o tema ao longo dos anos.

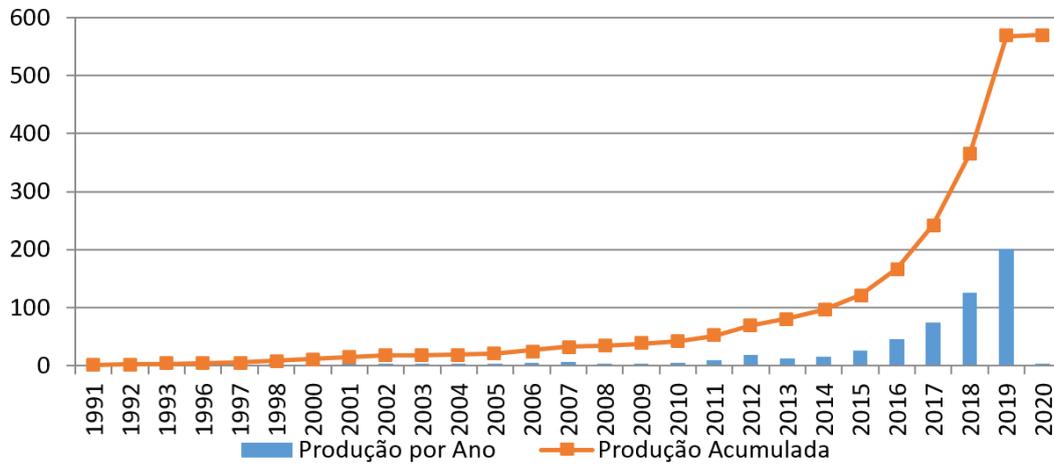


Figura 2. Evolução das publicações sobre o assunto.

É pertinente também avaliar os artigos por periódico da publicação, de modo a identificar quais são as revistas que mais se interessam pelo assunto, bem como o fator de impacto de cada uma delas. Isso serve para que pesquisadores destinem seus esforços de publicação a periódicos que se interessam diretamente por determinada temática, evitando que eles percam tempo enviando estudos para revistas que, provavelmente, rejeitariam seus estudos por não se encaixarem no escopo. Além disso, nota-se que os periódicos que produzem um maior número de artigos sobre determinado assunto formam, hipoteticamente, um núcleo de maior qualidade ou relevância para aquela área (Araújo, 2006).

Na apresentação de periódicos com volume de publicações superior a seis, destaca-se que P (Publicações) refere-se à percentagem de artigos publicados no periódico sobre a área de interesse investigada, e FI (fator de impacto) define o grau de importância de periódicos científicos em suas respectivas áreas (Tabela 2). Os valores apresentados na coluna FI correspondem ao ano de 2018, pois representam o período de atualização mais recente da maioria dos periódicos, o que permite uma comparação mais realista entre eles.

Tabela 2. Principais periódicos sobre o assunto.

Periódicos de publicação	P	FI
<i>IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems</i>	39	5,744
<i>Transportation Research Part C: Emerging Technologies</i>	38	5,775
<i>Transportation Research Record</i>	21	0,748
<i>IEEE Access</i>	19	4,098
<i>IEEE Transactions on Vehicular Technology</i>	19	5,339
<i>Sensors</i>	19	3,031
<i>IET Intelligent Transport Systems</i>	14	2,050
<i>Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour</i>	13	2,360
<i>Accident Analysis and Prevention</i>	11	3,058
<i>Proceedings of The Institution of Mechanical Engineers Part D: Journal of Automobile Engineering</i>	10	1,275
<i>Sustainability</i>	8	2,592
<i>Transportation Research Part A: Policy and Practice</i>	8	3,693
<i>IEEE Transactions on Control Systems Technology</i>	7	5,371
<i>Journal of Advanced Transportation</i>	7	1,983

Nota-se que os periódicos que mais abordam sobre o assunto são: *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, com 39 publicações, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, com 38 publicações, e *Transportation Research Record*, com 21 publicações (Tabela 2). Além disso, observa-se que, ao ordenar os periódicos por FI, foi possível identificar que os mais relevantes são: *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation System* e *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, com fator de impacto acima de cinco. Entretanto, cabe mencionar que periódicos que publicam uma grande proporção de artigos de revisão e relatórios técnicos obtêm FIs mais altos do que aqueles que publicam predominantemente outros tipos de artigos, tais como estudos de caso e pesquisas originais, por apresentarem maior probabilidade de serem citados por outros estudos (Durieux & Gevenois, 2010).

Considerou-se pertinente, também, avaliar quais são os países de origem das instituições de ensino dos autores que desenvolvem artigos relevantes sobre o assunto. Isso permite mostrar quais países produzem mais conhecimento sobre o tema, bem como mostrar a carência de investimentos por parte de outros países, o que pode estimular a equidade na produção de conhecimento entre países e o suprimento de lacunas nacionais ou regionais importantes. Os países com maior número de publicações se encontram identificados no mapa desenvolvido com auxílio da Plataforma Bing (Figura 3). É possível notar que os países que mais publicam estudos sobre o assunto são: EUA, com 37%; China, 20%; e Alemanha e Coreia do Sul, com 7% das publicações cada. Salienta-se ainda que, ao todo, cerca de 50 países apresentaram pelo menos uma publicação diretamente relacionada ao tema, inclusive com a participação de países de todos os continentes: 1) África - Etiópia e África do Sul; 2) América do Norte - com Canada; 3) América do Sul - Brasil e Chile; 4) Ásia - Singapura e Índia; 5) Oceania - Austrália; e 6) Europa - Croácia e Portugal.

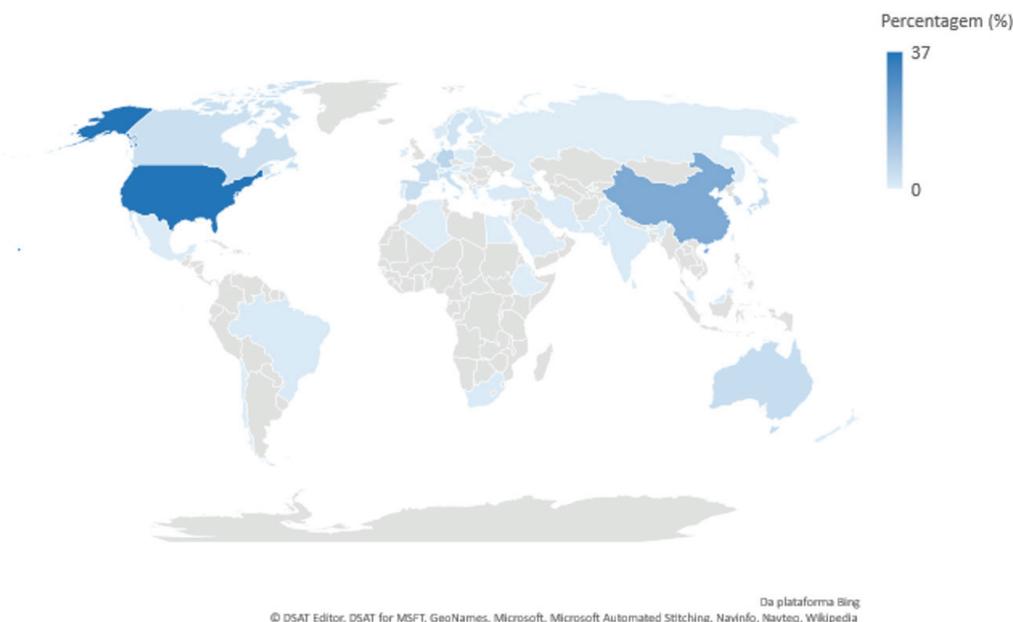


Figura 3. Principais países sobre o assunto.

É pertinente também verificar quais são as principais instituições dos autores que publicam estudos sobre o assunto (Figura 4). Nela, nota-se que as instituições que se destacam quanto à análise da segurança no âmbito dos VAs são: Universidade de Michigan, com 23 publicações, Instituto de Tecnologia de Massachusetts, 22 publicações, e Universidade do Sudeste China, com 21 publicações. Na comparação desses resultados com aqueles presentes na Figura 3, nota-se que as duas instituições que lideram o *ranking* de publicações são dos EUA, que é o país com maior número de publicações, e a terceira instituição é originária da China, que é o segundo país que mais publica estudos sobre o assunto.

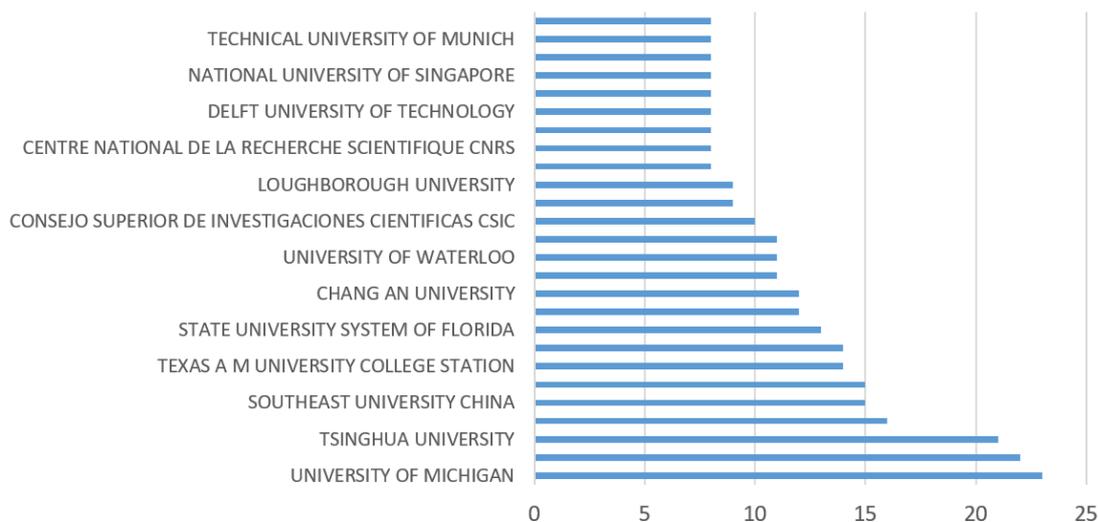


Figura 4. Principais instituições sobre o assunto.

Considera-se pertinente, ainda, avaliar os estudos por área de aplicação (Tabela 3), em que se identificam como principais as áreas de tecnologia da ciência do transporte e Engenharia Elétrica e Eletrônica que, juntas, correspondem a cerca de 65% das publicações.

Tabela 3. Principais áreas de aplicação sobre o assunto.

Área de Aplicação	P
Tecnologia da Ciência do Transporte	35
Engenharia Elétrica e Eletrônica	30
Engenharia Civil	15
Transportes	14
Telecomunicações	11
Sistemas de Informação em Ciência Informática	8
Sistemas de Controle de Automação	8
Engenharia Mecânica	6
Robótica	6

Para complementar as informações obtidas a partir da definição das principais áreas de aplicação sobre o assunto, acredita-se também interessante avaliar os principais termos de indexação encontrados nos artigos incluídos no repositório de pesquisa, conforme identificados na rede de interligação desses termos na Figura 5, desenvolvida com auxílio do *software VOSviewer*, que consiste em um programa de computador disponível gratuitamente para a construção e visualização de mapas bibliométricos (Van Eck & Waltman, 2009).

A rede representada é composta por 130 itens, 6 *clusters* e 1816 *links/conexões* (Figura 5). É possível identificar os termos de indexação mais utilizados (de acordo com o tamanho da esfera), as interconexões entre elas (de acordo com as conexões entre esferas) e o período em que elas foram mais utilizadas (de acordo com a cor de cada esfera).

Na Figura 5, ainda é possível perceber que as palavras-chave mais recorrentes sobre o assunto são: veículos autônomos (do inglês, *autonomous vehicles*); segurança (do inglês, *safety*); modelo (do inglês, *model*); e sistemas (do inglês, *systems*). Além disso, destaca-se a presença de termos de indexação menos recorrentes, mas igualmente importantes como: controle de cruzeiro adaptável (do inglês, *adaptive cruise control*); prevenção de obstáculos (do inglês, *obstacle avoidance*); rastreamento de caminho (do inglês, *path tracking*); e sistemas avançados de assistência ao motorista (do inglês, *advanced driver assistance systems*).

Na Figura 6, nota-se que o termo de indexação escolhido como exemplo se conecta a termos como controle de cruzeiro adaptável, controle de tráfego rodoviário (do inglês, *road traffic controle*), robôs móveis (do inglês, *mobile robots*), estabilidade (do inglês, *stability*), prevenção de colisão (do inglês, *collision avoidance*) e planejamento de caminho (do inglês, *path planning*). Cabe mencionar, ainda, que essas interconexões são bem recentes, com período de recorrência entre meados de 2017 e meados de 2018.

Outra análise importante refere-se ao número de citações por ano (Figura 7). A análise de citações pode ser considerada uma das mais relevantes investigações bibliométricas, em virtude da contribuição que pode prestar para a identificação e descrição dos padrões na produção do conhecimento científico (Araújo, 2006). Assim, geralmente se aceita que o número de citações de um artigo em particular seja um reflexo de seu impacto na comunidade científica (Rhen & Kronman, 2006; Durieux & Gevenois, 2010).

A primeira citação ocorreu no ano de 1993 (dois anos após a primeira publicação), e o número de citações cresceu com o passar dos anos, atingindo o ápice em 2019 (Figura 7). Esses dados, assim como os referentes ao ano de publicação dos estudos, mostram que o interesse pelo assunto continua em expansão.

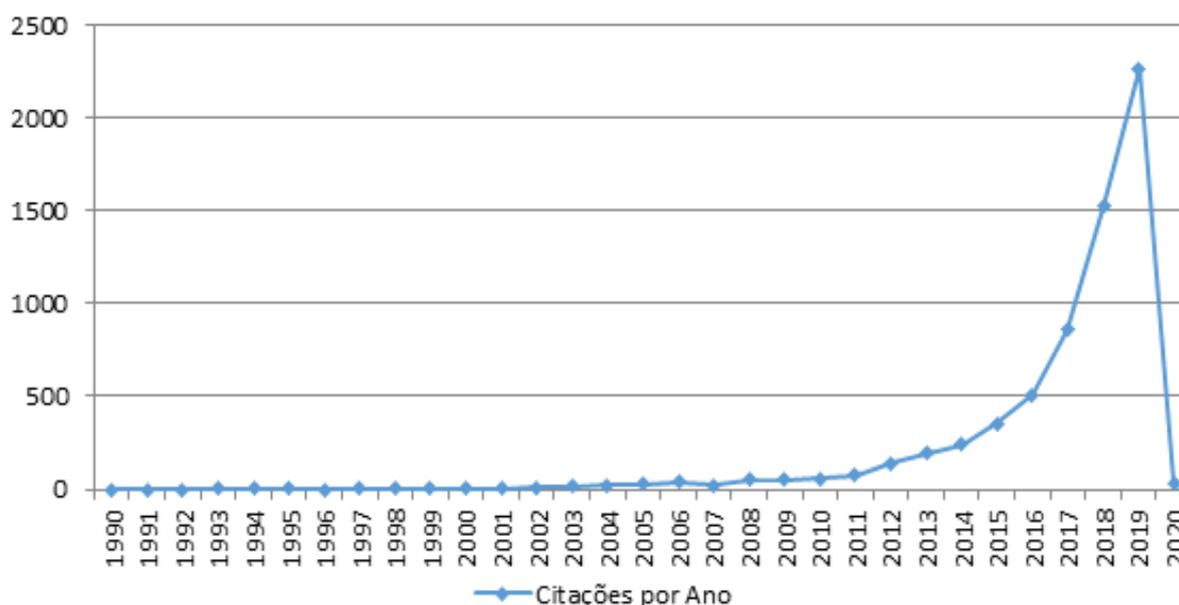


Figura 7. Evolução das citações por ano.

Ainda em relação ao número de citações, considera-se importante identificar os artigos mais citados na base de dados (Tabela 4). Para essa análise, só foram enumerados os artigos com número de citações acima de 120. Cabe mencionar que C (citações) se refere à quantidade de artigos que mencionam o artigo analisado, e MCA (média de citações por ano) refere-se ao valor médio obtido pelo número de citações totais, dividido pelos anos decorrentes desde sua publicação.

Constata-se que os artigos com maior número de citações são: Fagnant & Kockelman (2015), com 414 citações; Kuwata et al. (2009), com 292 citações; e Frazzoli et al. (2002), com 256 citações (Tabela 4). Além disso, considerando-se considerar o número médio de citações por ano, os artigos em destaque são: Fagnant & Kockelman (2015), com MCA igual a 104, e Talebpour & Mahmassani (2016), com MCA igual a 50.

Tabela 4. Artigos mais citados sobre o assunto.

Título	Referência	Periódico	C	MCA
<i>Preparing a nation for autonomous vehicles: opportunities, barriers and policy recommendations</i>	Fagnant & Kockelman (2015)	<i>Transportation Research Part A: Policy and Practice</i>	414	104
<i>Real-Time Motion Planning with Applications to Autonomous Urban Driving</i>	Kuwata et al. (2009)	<i>IEEE Transactions on Control Systems Technology</i>	292	29
<i>Real-time Motion Planning for Agile Autonomous Vehicles</i>	Frazzoli et al. (2002)	<i>Journal of Guidance Control and Dynamics</i>	256	15
<i>Influence of Connected and Autonomous Vehicles on Traffic Flow Stability and Throughput</i>	Talebpour & Mahmassani (2016)	<i>Transportation Research Part C: Emerging Technologies</i>	149	50
<i>Potential Cyberattacks on Automated Vehicles</i>	Petit & Shladover (2015)	<i>IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems</i>	133	33
<i>Real-Time Motion Planning Methods for Autonomous on-Road Driving: State-of-the-Art and Future Research Directions</i>	Katrakazas et al. (2015)	<i>Transportation Research Part C: Emerging Technologies</i>	123	30

A fim de esclarecer sobre os principais assuntos analisados em artigos sobre a temática, busca-se apresentar um breve resumo sobre cada um dos estudos mais relevantes da base de dados (Tabela 4). Isso permite indicar quais são os principais assuntos desenvolvidos sobre a temática e as possíveis oportunidades para estudos futuros.

Os aspectos viáveis para implantação dos VAs e seus possíveis impactos no sistema de transporte são discutidos por Fagnant & Kockelman (2015), cuja pesquisa explora as barreiras remanescentes à penetração no mercado de VAs em grande escala; esses autores sugerem recomendações de políticas em nível federal, para uma transição planejada de forma inteligente, à medida que os VAs se tornam uma parte crescente do nosso sistema de transporte. Os resultados indicam que os padrões de licenciamento e teste nos EUA estão sendo desenvolvidos no nível estadual, e não nacionalmente, o que pode levar a uma falta de padronização e inconsistências entre os estados. Além disso, os detalhes da responsabilidade legal permanecem indefinidos e as questões de segurança sem novos padrões de privacidade. Vale destacar que os impactos e interações com outros componentes do sistema de transporte, bem como os detalhes da implementação permanecem incertos. Dessa forma, para resolver essas preocupações, o governo, principalmente federal, deve expandir a pesquisa nessas áreas e criar uma estrutura de licenciamento reconhecida nacionalmente para VAs, determinando padrões apropriados de responsabilidade, segurança e privacidade de dados.

Kuwata et al. (2009) descreveram um algoritmo de planejamento de movimento em tempo real, baseado na abordagem de árvore aleatória de rápida exploração (do inglês, *rapidly-exploring random tree* - RRT) e denominado de CL-RRT, aplicável a VAs que operam em um ambiente urbano e complexo. As extensões do RRT padrão são predominantemente motivadas por: 1) necessidade de gerar planos dinamicamente viáveis em tempo real; 2) requisitos de segurança; e (3) as restrições ditadas pelo ambiente operacional (urbano) incerto. A combinação de controlador estabilizador e simulação direta permitiu a aplicação do CL-RRT a veículos com dinâmica complexa, não linear e instável. Várias extensões foram apresentadas em relação à expansão de árvores RRT, como: uma estratégia simples de viés de amostragem, para gerar várias manobras diferentes; o valor da penalidade, além da verificação binária da viabilidade da borda; o uso do comprimento do caminho de Dubins, ao selecionar um nó para conectar; e a segurança garantida, mesmo quando o veículo está em movimento. Durante a execução, o CL-RRT reutiliza as informações do ciclo de computação anterior, o que é importante principalmente em aplicativos em tempo real. As extensões feitas ao replanejamento *on-line* incluem a reavaliação lenta, para dar conta de mudanças nos ambientes e a repropagação para dar conta de erros de previsão. As vantagens do algoritmo CL-RRT foram mostradas por meio de uma análise aprofundada dos resultados. A conclusão bem-sucedida da simulação, em vários cenários diferentes, mostra a generalidade e a flexibilidade do algoritmo de planejamento CL-RRT.

Frazzoli et al. (2002) propuseram uma arquitetura de planejamento de caminhos aleatórios para sistemas dinâmicos na presença de obstáculos, tanto fixos como móveis. Essa arquitetura aborda as restrições dinâmicas de movimento do VA e fornece, ao mesmo tempo, um desacoplamento consistente entre controle de baixo nível e planejamento de movimento. O algoritmo de planejamento de caminho mantém as propriedades de convergência de suas contrapartes cinemáticas. A segurança do sistema também é abordada em face dos tempos de computação infinitos, ao analisar o comportamento do algoritmo quando os recursos disponíveis de computação a bordo são limitados e o planejamento deve ser realizado em tempo real. O algoritmo resultante mostrou-se flexível o suficiente para lidar com uma ampla variedade de sistemas dinâmicos, inclusive sistemas descritos por equações diferenciais comuns, bem como sistemas híbridos. Além disso, no caso em que o tempo de computação for limitado, e os recursos disponíveis não permitirem o cálculo de uma solução viável antes que uma decisão seja tomada, mostrou-se como garantir a segurança e escolher candidatos prováveis. Para a realização de pesquisas futuras, os autores recomendam a consideração do planejamento de movimento em ambientes incertos, com alcance limitado do sensor e operações com vários veículos.

Talebpour & Mahmassani (2016) apresentaram uma estrutura que utiliza diferentes modelos com premissas apropriadas à tecnologia para simular diferentes tipos de veículos com capacidades de comunicação distintas, tais como regular, conectado e autônomo. A análise de estabilidade do comportamento resultante do fluxo de tráfego, com uso dessa estrutura, é apresentada para diferentes taxas de penetração no mercado de veículos conectados e autônomos. A análise mostra que veículos conectados e autônomos podem melhorar a estabilidade da cadeia. Além disso, a automação é mais eficaz na prevenção da formação e propagação de ondas de choque sob as premissas do modelo. Além da estabilidade, os efeitos dessas tecnologias na taxa de transferência são explorados e sugerem aumentos substanciais na taxa de transferência potencial sob certos cenários de penetração. Espera-se que essas informações melhorem a eficiência, a resposta e o conforto dos motoristas, além de melhorar a segurança e a mobilidade.

Petit & Shladover (2015) buscaram identificar algumas das ameaças à cibersegurança para veículos automatizados, com estimativas da gravidade dessas ameaças e possíveis estratégias para mitigá-las ou superá-las. Trata-se de um estudo exploratório, para identificar os desafios que precisam ser enfrentados no desenvolvimento de sistemas de automação de veículos e para começar a atribuir prioridade ao mais importante desses desafios. Um dos aspectos mais importantes do estudo é a consideração paralela de veículos automatizados autônomos e cooperativos, indicando-se as relações entre as ameaças que eles enfrentam e as estratégias que podem ser usadas para gerenciar essas ameaças. Os resultados indicam, por exemplo, que o veículo deve ter redundância suficiente em qualquer fonte de entrada, para permitir consenso na presença de um ataque determinado em uma única modalidade, particularmente se essa modalidade engloba múltiplas fontes de informação (por exemplo, localização GPS e comunicações cooperativas). Além disso, atentou-se à necessidade de aumentar a conscientização sobre a importância do problema de ataques cibernéticos, além da necessidade de estimular pesquisadores a acrescentar seus pensamentos sobre possíveis ameaças à segurança cibernética em veículos automatizados e as contramedidas que podem ser aplicadas para superá-las.

Katrakazas et al. (2015) compararam os diferentes métodos empregados para o planejamento de movimento de condução autônoma na estrada, que consiste em encontrar um caminho, procurar a manobra mais segura e determinar trajetória mais viável. Os autores apresentam uma avaliação crítica de cada um desses diferentes métodos quanto a suas vantagens/desvantagens, limitações inerentes, viabilidade, otimização, tratamento de obstáculos e testes de ambientes operacionais. Com base em uma revisão crítica dos métodos existentes são identificados desafios de pesquisa, para abordar as limitações atuais, e sugestões de direções para pesquisas futuras, a fim de aprimorar o desempenho dos algoritmos de planejamento nos três níveis. Os autores identificaram: 1) que o planejamento incremental do caminho depende das estruturas de dados; 2) que o planejamento de manobras, na maioria dos casos, consiste na previsão de obstáculos, seguida pela estimativa de colisões; e 3) que, no nível da trajetória, a maioria das abordagens tenta otimizar uma determinada

curva geométrica ou deformá-la em relação a obstáculos estáticos ou dinâmicos. Como a tomada de decisão e a manipulação de obstáculos dinâmicos foram consideradas as principais áreas de preocupação, a implementação de formulações matemáticas baseadas em agentes e a incorporação de aspectos de engenharia de transporte foram propostas. Além disso, foi feita uma recomendação para o uso de formas alternativas de detecção, como as comunicações veiculares, que melhorariam o campo de visão dos veículos e melhorariam suas capacidades de estimativa e desempenho de localização.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo buscou realizar um estudo bibliométrico de publicações sobre a segurança em veículos autônomos, com a aplicação de critérios de inclusão e qualificação (qualidade e aplicabilidade). Os resultados mostram que o assunto, apesar de antigo, continua em expansão, com ápice no número de publicações e de citações em 2019. Nota-se, ainda, que periódicos com elevado fator de impacto publicaram estudos sobre o assunto, como o *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation System* e *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, e que os países que mais desenvolvem estudos sobre o assunto são EUA, China, Alemanha e Coreia do Sul, dos quais os dois primeiros representam mais da metade das publicações. Além disso, foi possível identificar as principais categorias sobre o assunto que são: tecnologia da ciência do transporte, engenharia elétrica e eletrônica e engenharia civil.

Dentre os artigos mais citados na base de dados, destacam-se os dos seguintes autores: Fagnant & Kockelman (2015), que procuram explorar os aspectos viáveis dos veículos autônomos e discutir seus possíveis impactos no sistema de transporte; Kuwata et al. (2009), que descreveram um algoritmo de planejamento de movimento em tempo real, denominado CL-RRT; Frazzoli et al. (2002), que propuseram uma arquitetura de planejamento de caminhos aleatórios para sistemas dinâmicos, na presença de obstáculos fixos e móveis; Talebpour & Mahmassani (2016), que apresentaram uma estrutura que utiliza diferentes modelos, com premissas apropriadas à tecnologia, para simular diferentes tipos de veículos com capacidades de comunicação distintas, inclusive os veículos autônomos; Petit & Shladover (2015), que buscaram identificar algumas das ameaças à cibersegurança para veículos automatizados, com estimativas da gravidade dessas ameaças e possíveis estratégias para mitigar ou superar essas ameaças; e Katakazas et al. (2015), que compararam os diferentes métodos empregados para o planejamento de movimento de condução autônoma na estrada.

A análise bibliométrica realizada no presente artigo serve para fortalecer o debate sobre o estudo da segurança no âmbito dos veículos autônomos, indicando que esse assunto é profícuo e que há uma ascendência exponencial de pesquisas voltadas para a temática, o que torna essa tecnologia cada vez mais viável à comercialização e eficiente para minimizar os impactos decorrentes dos transportes – como a poluição no meio ambiente e os acidentes rodoviários – sobre a qualidade de vida das pessoas.

Como limitação, menciona-se que este estudo bibliométrico utilizou apenas um banco de dados (*Web of Science*), não tendo considerado publicações contidas em outras bases de dados como *ScienceDirect*, *Scielo* e *Scopus*. Além disso, é importante destacar que os termos de busca podem influenciar os resultados. Portanto, os artigos incluídos no repositório de pesquisa são limitados pelo banco de dados e pelos termos de busca utilizados.

AGRADECIMENTO

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes, Código 001), que forneceu bolsa de estudo.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, J.M.; KALRA, N.; STANLEY, K.D.; SORENSEN, P.; SAMARAS, C.; OLUWATOLA, O.A. **Autonomous vehicle technology: a guide for policymakers**. Santa Monica: RAND Corporation, 2016. RAND Corporation, RR-443-2-RC. Disponível em: <https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR443-2.html>. Acesso em: 20 abr. 2020.
- ARAÚJO, C.A.A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Em Questão**, v.12, p.11-32, 2006.
- BAGLOEE, S.A.; TAVANA, M.; ASADI, M.; OLIVER, T. Autonomous vehicles: challenges, opportunities, and future implications for transportation policies. **Journal of Modern Transportation**, v.24, p.284-303, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40534-016-0117-3>.
- BANERJEE, S.S.; JHA, S.; CYRIAC, J.; KALBARCZYK, Z.T.; IYER, R.K. Hands off the wheel in autonomous vehicles? A systems perspective on over a million miles of field data. In: ANNUAL IEEE/IFIP INTERNATIONAL CONFERENCE ON DEPENDABLE SYSTEMS AND NETWORKS, 48., 2018, Luxembourg. **Proceedings**. Los Alamitos: IEEE, 2018. DSN 2018. DOI: <https://doi.org/10.1109/dsn.2018.00066>.
- BISSELL, D.; BIRCHNELL, T.; ELLIOTT, A.; HSU, E.L. Autonomous automobiles: the social impacts of driverless vehicles. **Current Sociology**, v.68, p.116-134, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1177/0011392118816743>.
- BLAKE, A.; BORDALLO, A.; BRESTNICHKI, K.; HAWASLY, M.; PENKOV, S.V.; RAMAMOORTHY, S.; SILVA, A. FPR - Fast path risk algorithm to evaluate collision probability. **IEEE Robotics and Automation Letters**, v.5, p.1-7, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1109/LRA.2019.2943074>.
- BROGGI, A.; BOMBINI, L.; CATTANI, S.; CERRI, P.; FEDRIGA, R.I. Sensing requirements for a 13,000 km intercontinental autonomous drive. In: IEEE INTELLIGENT VEHICLES SYMPOSIUM, 2010, California. [**Proceedings**]. [Piscataway]: IEEE, 2010a. DOI: <https://doi.org/10.1109/ivs.2010.5548026>.
- BROGGI, A.; BUZZONI, M.; DEBATTISTI, S.; GRISLERI, P.; LAGHI, M.C.; MEDICI, P.; VERSARI, P. Extensive tests of autonomous driving technologies. **IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems**, v.14, p.1403-1415, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1109/tits.2013.2262331>.
- BROGGI, A.; CERRI, P.; FELISA, M.; LAGHI, M.C.; MAZZEI, L.; PORTA, P.P. The VisLab Intercontinental Autonomous Challenge: an extensive test for a platoon of intelligent vehicles. **International Journal of Vehicle Autonomous Systems**, v.10, p.147-164, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1504/ijvas.2012.051250>.
- BROGGI, A.; MEDICI, P.; CARDARELLI, E.; CERRI, P.; GIACOMAZZO, A.; FINARDI, N. Development of the control system for the Vislab Intercontinental Autonomous Challenge. In: INTERNATIONAL IEEE CONFERENCE ON INTELLIGENT TRANSPORTATION, 13., 2010, Funchal. [**Proceedings**]. Piscataway: IEEE, 2010b. p.635-640. DOI: <https://doi.org/10.1109/itsc.2010.5625001>.
- BURNS, L.D. A vision of our transport future. **Nature**, v.497, p.181-182, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1038/497181a>.
- CAMPBELL, M.; EGERSTEDT, M.; HOW, J.P.; MURRAY, R.M. Autonomous driving in urban environments: approaches, lessons and challenges. **Philosophical Transactions of the Royal Society A**, v.368, p.4649-4672, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsta.2010.0110>.
- CHAN, C.-Y. Advancements, prospects, and impacts of automated driving systems. **International Journal of Transportation Science and Technology**, v.6, p.208-2016, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2017.07.008>.
- CHEN, X. The declining value of subscription-based abstracting and indexing services in the new knowledge dissemination era. **Serials Review**, v.36, p.79-85, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.serrev.2010.02.010>.
- CLARIVATE ANALYTICS. **Web of Science**. Disponível em: <http://apps- webofknowledge.ez103.periodicos.capes.gov.br/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=8Cz5ueQWpmEVk4ID8RE&preferencesSaved=>>. Acesso em: 22 abr. 2020.
- CUI, J.; LIEW, L.S.; SABALIAUSKAITE, G.; ZHOU, F. A review on safety failures, security attacks, and available countermeasures for autonomous vehicles. **Ad Hoc Networks**, v.90, art.101823, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2018.12.006>.
- DANKS, D.; LONDON, A.J. Regulating Autonomous Systems: beyond standards. **IEEE Intelligent Systems**, v.32, p.88-91, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1109/mis.2017.1>.
- DEB, S.; STRAWDERMAN, L.; CARRUTH, D.W.; DUBIEN, J.; SMITH, B.; GARRISON, T.M. Development and validation of a questionnaire to assess pedestrian receptivity toward fully autonomous vehicles. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies**, v.84, p.178-195, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2017.08.029>.
- DONG, X.; DISCENNA, M.; GUERRA, E. Transit user perceptions of driverless buses. **Transportation**, v.46, p.35-50, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11116-017-9786-y>.
- DURIEUX, V.; GEVENOIS, P.A. Bibliometric indicators: quality measurements of scientific publication. **Radiology**, v.255, p.342-351, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1148/radiol.09090626>.

- FAGNANT, D.J.; KOCKELMAN, K. Preparing a nation for autonomous vehicles: Opportunities, barriers and policy recommendations. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v.77, p.167-181, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.04.003>.
- FAVARÒ, F.M.; NADER, N.; EURICH, S.O.; TRIPP, M.; VARADARAJU, N. Examining accident reports involving autonomous vehicles in California. **PLoS ONE**, v.12, e0184952, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184952>.
- FERDOWSI, A.; CHALLITA, U.; SAAD, W.; MANDAYAM, N.B. Robust deep reinforcement learning for security and safety in autonomous vehicle systems. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS (ITSC), 21., 2018, Maui. [Proceedings]. [Piscataway]: IEEE, 2018. p.307-312. DOI: <https://doi.org/10.1109/itsc.2018.8569635>.
- FERNANDES, P.; NUNES, U. Platooning with IVC-enabled autonomous vehicles: Strategies to mitigate communication delays, improve safety and traffic flow. **IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems**, v.13, p.91-106, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1109/tits.2011.2179936>.
- FERREIRA, A.G.C. Bibliometria na avaliação de periódicos científicos. **DataGramZero - Revista de Ciência da Informação**, v.11, art.5, 2010.
- FRAZZOLI, E.; DAHLEH, M.A.; FERON, E. Real-time motion planning for agile autonomous vehicles. **Journal of Guidance, Control, and Dynamics**, v.25, p.116-129, 2002. DOI: <https://doi.org/10.2514/2.4856>.
- HASHEM EIZA, M.; NI, Q. Driving with sharks: Rethinking connected vehicles with vehicle cybersecurity. **IEEE Vehicular Technology Magazine**, v.12, p.45-51, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1109/mvt.2017.2669348>.
- HOBERT, L.; FESTAG, A.; LLATSER, I.; ALTOMARE, L.; VISINTAINER, F.; KOVACS, A. Enhancements of V2X communication in support of cooperative autonomous driving. **IEEE Communications Magazine**, v.53, p.64-70, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1109/mcom.2015.7355568>.
- HONG, D.; KIMMEL, S.; BOEHLING, R.; CAMORIANO, N.; CARDWELL, W.; JANNAMAN, G.; PURCELL, A.; ROSS, D.; RUSSEL, E. Development of a semi-autonomous vehicle operable by the visually-impaired. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTISENSOR FUSION AND INTEGRATION FOR INTELLIGENT SYSTEMS, 2008, Seoul. [Proceedings]. [Piscataway]: IEEE, 2008. p.539-544. DOI: <https://doi.org/10.1109/MFI.2008.4648051>.
- HU, C.; WANG, R.; YAN, F.; KARIMI, H.R. Robust composite nonlinear feedback path-following control for independently actuated autonomous vehicles with differential steering. **IEEE Transactions on Transportation Electrification**, v.2, p.312-321, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1109/tte.2016.2538183>.
- JALALMAAB, M.; FIDAN, B.; JEON, S.; FALCONE, P. Model predictive path planning with time-varying safety constraints for highway autonomous driving. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED ROBOTICS, 17., 2015, Istambul. **Proceedings**. Piscataway: IEEE, 2015. p.213-217. DOI: <https://doi.org/10.1109/icar.2015.7251458>.
- KALRA, N.; PADDOCK, S.M. Driving to safety: How many miles of driving would it take to demonstrate autonomous vehicle reliability? **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v.94, p.182-193, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.09.010>.
- KATRAKAZAS, C.; QUDDUS, M.; CHEN, W.-H.; DEKA, L. Real-time motion planning methods for autonomous on-road driving: State-of-the-art and future research directions. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies**, v.60, p.416-442, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2015.09.011>.
- KEVICZKY, T.; FALCONE, P.; BORRELLI, F.; ASGARI, J.; HROVAT, D. Predictive control approach to autonomous vehicle steering. In: AMERICAN CONTROL CONFERENCE, 2006, Minneapolis. [Proceedings]. Piscataway: IEEE, 2006. p.4670-4675. DOI: <https://doi.org/10.1109/acc.2006.1657458>.
- KIM, H.; KIM, D.; SHU, I.; YI, K. Time-varying parameter adaptive vehicle speed control. **IEEE Transactions on Vehicular Technology**, v.65, p.581-588, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1109/tvt.2015.2402756>.
- KOOPMAN, P.; WAGNER, M. Autonomous vehicle safety: an interdisciplinary challenge. **IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine**, v.9, p.90-96, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1109/mits.2016.2583491>.
- KUWATA, Y.; TEO, J.; FIORE, G.; KARAMAN, S.; FRAZZOLI, E.; HOW, J.P. Real-time motion planning with applications to autonomous urban driving. **IEEE Transactions on Control Systems Technology**, v.17, p.1105-1118, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1109/tcst.2008.2012116>.
- LE VINE, S.; ZOLFAGHARI, A.; POLAK, J. Autonomous cars: the tension between occupant experience and intersection capacity. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies**, v.52, p.1-14, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2015.01.002>.
- LEARNER, P. **The hurdles facing autonomous vehicles**. *Automobile*, 2015. Disponível em: <<https://www.automobilemag.com/news/the-hurdles-facing-autonomous-vehicles/>>. Acesso em: 26 abr. 2020.
- LI, X.; SUN, Z.; CAO, D.; HE, Z.; ZHU, Q. Real-time trajectory planning for autonomous urban driving: framework, algorithms, and verifications. **IEEE/ASME Transactions on Mechatronics**, v.21, p.740-753, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1109/tmech.2015.2493980>.
- LI, Y.; TAO, J.; WOTAWA, F. Ontology-based test generation for automated and autonomous driving functions. **Information and Software Technology**, v.117, art.106200, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2019.106200>.

- LIU, C.; LEE, S.; VARNHAGEN, S.; TSENG, H.E. Path planning for autonomous vehicles using model predictive control. In: IEEE INTELLIGENT VEHICLES SYMPOSIUM, 2017, Los Angeles. [**Proceedings**]. Piscataway: IEEE, 2017. p.174-179. DOI: <https://doi.org/10.1109/ivs.2017.7995716>.
- NUNES, A.; REIMER, B.; COUGHLIN, J.F. People must retain control of autonomous vehicles. **Nature**, v.556, n.7700, p.169-171, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/d41586-018-04158-5>.
- PENDLETON, S.D.; ANDERSEN, H.; DU, X.; SHEN, X.; MEGHJANI, M.; ENG, Y.H.; RUS, D.; ANG JR., M.H. Perception, planning, control, and coordination for autonomous vehicles. **Machines**, v.5, art.6, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/machines5010006>.
- PENG, H.; LIANG, L.; SHEN, X.; LI, G.Y. Vehicular communications: a network layer perspective. **IEEE Transactions on Vehicular Technology**, v.68, p.1064-1078, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1109/tvt.2018.2833427>.
- PETIT, J.; SHLADOVER, S.E. Potential cyberattacks on automated vehicles. **IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems**, v.16, p.546-556, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1109/tits.2014.2342271>.
- RHEN, C.; KRONMAN, U. **Bibliometric handbook for Karolinska Institutet**. Stockholm: Karolinska Institutet, 2006.
- TAEIHAGH, A.; LIM, H.S.M. Governing autonomous vehicles: emerging responses for safety, liability, privacy, cybersecurity, and industry risks. **Transport Reviews**, v.39, p.103-128, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/01441647.2018.1494640>.
- TALEBPOUR, A.; MAHMASSANI, H.S. Influence of connected and autonomous vehicles on traffic flow stability and throughput. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies**, v.71, p.143-163, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2016.07.007>.
- VAN ECK, N.J.; WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, v.84, p.523-538, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>.
- VICTOR, T.; ROTHOFF, M.; COELINGH, E.; ÖDBLOM, A.; BURGDORF, K. When autonomous vehicles are introduced on a larger scale in the road transport system: the drive me project. In: WATZENIG, D.; HORN, M. (Ed.). **Automated Driving**. Cham: Springer, 2016. p.541-546. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-31895-0_24.
- WARDZINSKI, A. Dynamic risk assessment in autonomous vehicles motion planning. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION TECHNOLOGY, 1., 2008, Gdansk. [**Proceedings**]. Piscataway: IEEE, 2008. p.1-4. DOI: <https://doi.org/10.1109/inftech.2008.4621607>.
- WUTHISHUWONG, C.; TRAECHTLER, A. Vehicle to infrastructure based safe trajectory planning for autonomous intersection management. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ITS TELECOMMUNICATIONS (ITST), 13., 2013, Tampere. **Proceedings**. Piscataway: IEEE, 2013. p.175-180. DOI: <https://doi.org/10.1109/itst.2013.6685541>.
- ZHANG, H.; WANG, J. Vehicle lateral dynamics control through AFS/DYC and robust gain-scheduling approach. **IEEE Transactions on Vehicular Technology**, v.65, p.489-494, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1109/tvt.2015.2391184>.
- ZHANG, T.; TAO, D.; QU, X.; ZHANG, X.; LIN, R.; ZHANG, W. The roles of initial trust and perceived risk in public's acceptance of automated vehicles. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies**, v.98, p.207-220, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2018.11.018>.
- ZHU, M.; CHEN, H.; XIONG, G. A model predictive speed tracking control approach for autonomous ground vehicles. **Mechanical Systems and Signal Processing**, v.87, p.138-152, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ymsp.2016.03.003>.
- ZOHDY, I.H.; KAMALANATHSHARMA, R.K.; RAKHA, H. Intersection management for autonomous vehicles using ICACC. In: INTERNATIONAL IEEE CONFERENCE ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS, 15., 2012, Anchorage. **Proceedings**. Piscataway: IEEE, 2012. p.1109-1114. DOI: <https://doi.org/10.1109/itsc.2012.6338827>.
- ZUPIC, I.; ČATER, T. Bibliometric methods in management and organization. **Organizational Research Methods**, v.18, p.429-472, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1177/1094428114562629>.