

O impacto da integração de veículos autônomos no tráfego de São Paulo

José Caio Rodrigues da Silva

Universidade Paulista

R. Dr. Bacelar, 1212 – Vila Clementino, São Paulo - SP

jcr@siolinrodrigues.com.br

RESUMO

A demanda por um tráfego eficiente tem se tornado um assunto cada vez mais em voga em grandes cidades como São Paulo, gerando uma crescente busca por soluções efetivas que sejam capazes de minimizar engarrafamentos, acidentes e as mais variadas problemáticas de trânsito, cuja eficiência possui impacto direto e indireto na economia, segurança e saúde públicas. Desta forma, soluções como a dos veículos autônomos vêm ganhando importância no mercado automobilístico e no campo de planejamento da engenharia de tráfego, trazendo a necessidade de profundas discussões sobre um ponto de vista técnico sobre o funcionamento destes sistemas e a sua relação com o fator comportamental humano, para a criação de um tráfego que interseccione veículos conduzidos por indivíduos e os guiados unicamente por software. Este estudo se posiciona a aglomerar dados que incitem o início de uma série de debates, conjecturas e definições (técnicas e sociais), sobre o cenário futuro da engenharia de tráfego para grandes cidades, com enfoque nas problemáticas econômicas, de segurança e sustentabilidade presentes na cidade de São Paulo, bem como em toda sua malha adjacente de locomoção coletiva. Buscando abordar não somente as problemáticas adaptativas para este tipo de tecnologia, mas também as diversas soluções já amplamente utilizadas no tráfego existente e em novas tecnologias que podem, de modo prático, tornar viável a aplicação desses veículos num futuro próximo.

Palavras-chave: Veículos autônomos, viário, engenharia de tráfego, trânsito, São Paulo

1. INTRODUÇÃO

São Paulo é a sexta cidade no mundo que mais causa transtornos aos motoristas (IBM, 2019), e o fator que infere diretamente nisso é o número exacerbado de veículos e a desordem gerada por inúmeras variáveis, envolvendo desde pequenos contratempos por comportamento e condução inadequada dos motoristas, até acidentes graves derivados muitas vezes por falta de atenção, ausência de sinalização adequada ou por fatores de impacto químico-mental como sono e alcoolismo (DA SILVA, 2019). Dados esses fatores, se torna imprescindível para cidades do nível de megalópoles como São Paulo a aplicação de medidas que visem otimizar a locomoção da população, buscando um funcionamento adequado da cidade em todos os setores. Uma vez que 61% dos cidadãos reconhecem o tráfego paulista como um fator problemático no seu dia a dia, que é responsável, inclusive, por gerar impacto negativo em suas performances no trabalho ou nos estudos (IBM Global Commuter, 2019).

Várias medidas são adotadas anualmente para tentar sanar toda essa questão de ineficiência viária, seja na implantação de novas vias ou na imposição de medidas alternativas de locomoção, como as ciclovias ou patinetes (DEGREAS, 2016). No entanto, entre todas essas inovações, a tecnologia envolvendo veículos autônomos vem despontando como uma das mais prováveis para finalmente apresentar uma solução que tenha real potencial para solucionar os aspectos mais profundos no tráfego urbano, e consequentemente trazer toda uma dinâmica de eficiência que reflita em benefícios para os setores econômicos, de segurança e saúde pública para a cidade (JUNIOR, 2018). Por todo o mundo, a discussão sobre a implantação desses automóveis-robô vem

suscitando questionamentos e resultados com impactos notáveis, havendo testes, teorizações e concepções básicas sobre o tema antes que haja efetivamente um uso devidamente seguro dessa nova tecnologia, e é imprescindível que uma megalópole como São Paulo tenha também o seu devido estudo demonstrando de modo qualitativo e quantitativo, quais serão os possíveis impactos positivos e negativos desse novo patamar no transporte, e como isso irá gerar novos conhecimentos para uma boa gestão viária das vias públicas (DA SILVA, 2019).

Neste artigo, portanto, serão apresentados os dilemas existentes na discussão mundial sobre veículos autônomos, as principais tecnologias já em aplicação, seus resultados mais notáveis, bem como todas as proposições que visam demonstrar, em um panorama geral, quais serão os principais efeitos de aplicação disso no meio viário central e periférico da cidade de São Paulo. Bem como a apresentando prospecções dos volumes de tráfego, cálculos sobre a redução de impactos no número de acidentes e trânsito gerado, além de especular através de um viés conclusivo qual seria um cenário com implantação mínima, média e total desses veículos, considerando faixas mistas e exclusivas para os mesmos.

2. DIAGNÓSTICO

2.1 Situação atual do tráfego de São Paulo

De acordo com o Departamento Nacional de Trânsito (Denatran), em setembro de 2012, o montante de automóveis na cidade de São Paulo era de 4,8 milhões circulando efetivamente pelas ruas, o correspondente a 11,5% da frota brasileira. Sendo assim, desde 2001 a 2012, a frota paulistana cresceu cerca de 54%, contrastando com o crescimento populacional de 8% neste mesmo período, elevando o número de veículos por habitante de 0,30 para 0,42, quase o dobro do índice nacional de 0,22 (DENATRAN, 2012).

Em 2019, os dados apresentam um total de 18 milhões de autos circulando, contra quase 56 milhões em todo o país (DENATRAN, 2019). No quesito de mortalidade, somente em Janeiro de 2019 houveram 87 óbitos derivados de acidentes no trânsito, sendo deste total 39% para pedestres e 34% acidentes envolvendo motociclistas (INFOSIGA, 2019). Tendo em vista todo esse aumento no número de automóveis, a entropia viária passa a ser um agente passível de constante observação que, atrelada ao crescimento da economia paulista, culmina na geração de mais demanda por vias funcionais em todo o território municipal, o que vai diretamente em desacordo com o avanço de investimentos públicos nesse quesito e acaba por conflitar, também, com a ausência de alternativas através do transporte público e opções individualistas tais como bicicletas ou patinetes (ROLNIK, 2011). De modo geral, o paulistano gasta, em média, 2 horas e 43 minutos por dia para realizar os deslocamentos de ida e volta em sua rotina diária. Parte desse tempo pode ser visto tanto como uma perda na produtividade pessoal de cada um desses indivíduos lesados pela ineficácia viária, quanto também como um fator determinante de perda para a economia geral da cidade, culminando em menos tempo de produção útil e um vasto atraso derivado do postergar em diversas atividades que, uma vez compiladas, compreendem no funcionamento total de São Paulo como meio urbano superpopuloso (IBOPE, 2018). Segue então, como demonstrado acima, um panorama de extrema preocupação no cerne do funcionamento da cidade de São Paulo. E uma vez que seu funcionamento está intrinsecamente interligado com a questão da mobilidade, é fato de que a atenção para a solução de todas essas problemáticas é um tema a ser tratado em primeira instância em todos os aparatos do planejamento de transporte urbano, juntamente com os órgãos responsáveis e em total paralelo com o avanço tecnológico neste sentido.

2.2 Tecnologias existentes e o histórico de automação veicular

Dentre o histórico da tecnologia, houveram alguns avanços em automatização que substituíram, de modo gradual, a necessidade de ação humana, e tornaram o transporte cada vez mais autônomo. Parte desses avanços tiveram enfoque no funcionamento otimizado de tarefas mecânicas, como o Freio Abs, chamado originalmente de

“Antiblockiersystem” (ADAMSKI, 1997), a injeção eletrônica (STUMPP, 1996) ou mesmo o controle de veículos através de pilotos automáticos (ONISHI, 1990). Que foram inovações destinadas à realização de tarefas preventivas a acidentes e diversos outros avanços que ora esboçavam uma busca por mais segurança no trânsito e ora eram meramente experimentais.

Com o passar do tempo, as novas tecnologias automotivas culminaram na concepção de veículos cada vez mais automatizados em diversos tipos de tarefas e objetivos e usos descobertos em diversos setores de importância. No entanto, o ápice potencial da automação se encontra na possibilidade real de termos um impacto positivo no meio urbano como um todo, através do uso de tecnologias autônomas veiculares, que tendem a tornar o tráfego mais seguro e eficiente. Para isso, diversos planejamentos foram realizados nesse âmbito e, de modo a organizar previamente os possíveis cenários futuros, especialistas preveem níveis de introdução e funcionamento deste sistema. Culminando nos seguintes estágios:

Tabela 1 – Níveis de automação veicular (SAE International)

Nível	Título	Descrição
0	Não-automatização	São os veículos em que o motorista tem o total e único controle sobre o ato de dirigir em 100% do tempo, não contando com nenhuma ferramenta automática.
1	Automação específica ou Direção Assistida	Envolve uma ou mais funções específicas de controle que auxiliam na condução do veículo, estando o motorista a todo momento passível de controle do auto.
2	Direção autônoma ocasional	São sistemas capazes de controlar através de automação a velocidade, frenagem e direção em certas condições, como em rodovias ou congestionamentos.
3	Direção autônoma parcial	(Em voga no período de publicação deste artigo) Um nível em que os sistemas autônomos do carro são capazes de controlá-lo completamente. Porém, o sistema é limitado por nível de complexidade de condução, informando o passageiro humano que deve assumir de volta a direção em certos casos.
4	Alta automação veicular	Similar ao nível anterior, o veículo possui capacidade de automação em quase todos os âmbitos. Sendo capaz de conduzir mesmo sem a necessidade de resposta por parte do passageiro em assumir o controle.
5	Direção autônoma completa	Nesse nível o automóvel é capaz de conduzir livremente os passageiros sem qualquer necessidade de intervenção humana. Não sendo necessários mais sequer volantes, pedais ou mesmo a demanda por atenção humana.

Para o estágio vigente, o de nível três, com a direção autônoma parcial, temos ainda algumas tecnologias que suprem certos problemas ainda conceituais e de disseminação de informação. Mas que são o suficiente para que seja esboçada uma tendência geral para as implicações que esses veículos podem trazer.

Dentre as tecnologias já em utilização, temos o LIDAR, um dispositivo sensor remoto, que serve como detector para itens à distância (LIM, 2016); Deep Learning, uma espécie de rede neural organizada por algoritmos, que simula em certa escala uma sequência de raciocínios em hardwares, tornando possível a adaptação dos veículos frente adversidades (LECUN, 2015); ADAS, sigla para *Advanced Driver Assistance Systems*, ou sistema avançado de assistência ao motorista, que é uma plataforma composta por diversos sensores e programas, integrados para servir dados precisos sobre o ambiente ao motorista (BUTAKOV, 2014); Redes 5G, que devem se tornar a rede predominante no meio urbano próximo, sendo a versão de rede mais indicada a suportar a passagem de dados entre veículos autônomos (ANDREWS, 2014).

Apesar destas tecnologias serem capazes de proporcionar veículos nível 3 de automação como os Carros Google (GOMES, 2016), ou os carros Tesla com quase 30 câmeras para auxílio de percepção regional (INGLE, 2016). Os desafios de adaptação não são exclusivos do âmbito tecnológico, tendo em vista que diversas tecnologias importantes já foram desenvolvidas para a fácil utilização dos veículos autônomos. O maior problema mesmo seria de ordem humana, tanto na aceitação pública, quanto na questão de convivência, uma vez que uma das mais problemáticas variáveis para a funcionalidade do tráfego contendo veículos robôs seria a imprevisibilidade dos motoristas humanos (RODRIGUES, 2017). Nesse quesito, existem algumas principais preocupações, quando falamos de adaptabilidade humana, sendo desde preocupações voltadas para paradoxos morais, até mesmo profissionais, numa escala de impacto nacional. Que podem ser vistos no tópico a seguir.

2.3 Desafios de adaptação

Diversos aspectos são postos em voga quando questionamos os efeitos da implantação de veículos autônomos no tráfego urbano de variados níveis de intensidade. Porém, o que gera mais comoção pública e já antevê problemas em meio à aceitação da população a essa inovação é justamente tudo que permeia a desvalorização de empregos e de oportunidades para trabalho como um todo (LEITE, 2018). O que deve ser, de modo democrático e protocolar, debatido com acréscimo de propostas em novas atribuições em função do ganho econômico gerado pela redução drástica de acidentes, atrasos e até mesmo crimes nos pontos de parada (vide soluções apresentadas posteriormente neste estudo). Um dos mais importantes desafios para a automação do tráfego seria a comunicação. Se pensarmos no viés do veículo auto guiado não há grande preocupação em um local com boa capacidade de transmissão em redes sem fio, o carro poderia ser constantemente informado da posição de outros veículos autônomos a todo instante, poderia saber quais são suas rotas e movimentos dentro de uma certa área. Bem como também planejar seu próprio trajeto através dos dados de todos os outros veículos que estão transitando em suas versões alternativas de caminho (DAVE, 2019).

Por isso, há a ideia da implantação de comunicadores de localização por GPS, que podem ser implantados através de políticas públicas, para os veículos que estiverem nas zonas de aplicação dos veículos autônomos. Onde sempre haveria uma confirmação espacial da posição, não só dos outros carros de direção programada através de redes próprias ou pela internet, mas também dos próprios carros guiados por pessoas. Diminuindo em muito o risco de acidentes derivados de erro humano (RAHIMAN, 2013).

Quando existe um questionamento sobre o impacto de implantação desses veículos independentes, já houveram especialistas preocupados com a conduta derivada de escolhas desses carros. Uma vez que eles estarão expostos a diversas variáveis passíveis

de problemas, fica cada vez mais imperativa a verificação de possibilidades futuras, sendo uma delas a preocupação de se o veículo escolheria salvar a vida de um passageiro em detrimento de salvar a vida de um pedestre, ou vice versa (BONNEFON, 2019). Criando um paradoxo moral de imprescindível discussão.

No entanto, ao menos nesse caso, podemos relacionar que os algoritmos dos carros autônomos estarão já programados para um viés mais mercadológico, tendo em vista que é indispensável a atratividade dos mesmos para com futuros compradores (CARVALHO, 2015). Sendo assim, além de termos já eventos em que escolhas assim são feitas em meio aos centenas de milhares de acidentes já naturais do tráfego paulista (artigo), seria no mínimo o caso de uma redução clara de eventos realmente preocupantes, uma vez que o veículo teria um tempo de resposta muito superior a um motorista humano, trazendo assim menos chances de haver esse tipo de dualidade, do que se tal situação estivesse apenas condicionada pela capacidade de escolha/habilidade motora de uma pessoa comum. Ainda nessa questão de adaptabilidade entre público condutor e os carros auto guiados, podemos destacar um apontamento de primeira grandeza, os possíveis acidentes que podem vir a ocorrer independentemente da eficácia dos veículos autônomos. Isso se dará por caráter intencional ou não, tornando para o público essa tecnologia algo questionável, podendo vir até mesmo a não só atrasar a implantação desses autos, mas até mesmo inviabilizar definitivamente o exercício deles por décadas (HUSSAIN, 2018). As dificuldades apontadas por diversas literaturas, e compiladas em alguns estudos como os dispostos ainda em 2013 no congresso nacional de pesquisa e ensino em transportes (DE SOUSA, 2013), mostram como podem ser complexas as situações pela frente no quesito do uso dessa inovação, porém, há também toda uma gama de soluções de peso equivalente, que devem ser percorridas a seguir.

3. PROPOSIÇÕES

3.1 Soluções de adaptação

Propostas de todos os âmbitos são impostas com enfoque na redução ou dissolução de problemas possíveis, na futura aplicação de qualquer sistema. No caso dos veículos autônomos existem as seguintes proposições que devem ser consideradas para sanar diretamente alguns dos empecilhos previstos.

3.1a Faixas mistas e exclusivas

As faixas exclusivas são soluções implantadas em todo o mundo que visam beneficiar um tipo específico de veículo, sendo desde bicicletas a veículos coletivos (ARBEX, 2015). Em São Paulo temos sistemas como esses já funcionais e com ótimos resultados de otimização cronológica, como os corredores de ônibus e as ciclo faixas/ciclovias.

Em um estudo realizado pela universidade de São Paulo, faixas exclusivas foram projetadas para a avenida paulista. Contendo variações de quantidades dos veículos autônomos, que irão impactar de formas diferenciadas o tráfego na região como um todo. Os resultados desse estudo serão explanados com mais profundidade adiante neste estudo, mas os conceitos de aplicação dessas faixas mistas ou exclusivas, para os veículos autônomos, com certeza serão um diferencial marcante, para a demonstração de eficiência desse sistema. Bem como um facilitador para uma aplicação mais segura e com fácil controle. Se levarmos em conta pistas com baixa intensidade de obstáculos possíveis (COVAS, 2017).

3.1b Sinalização viária especializada

A sinalização viária pode servir como ator de profunda transformação nesse processo de adaptação entre os veículos autônomos e os com condução humana. Apresentando, através de placas e pinturas específicas, as vias que conterão veículos automotores circulando. Também poderá ser pensada uma solução de pintura com coloração própria para as faixas exclusivas de tráfego autônomo sempre ter fácil identificação. No que tange à percepção pública, a aplicação de um sistema de orientação adequado será não somente necessário

como essencial para o sucesso do tráfego conjunto. E poderemos obter isso através da capacidade de passagem de dados que a sinalização viária tem (MOREIRA, 2003/GOMES, 2014)

3.1c Soluções de rastreamento integrado

Dispositivos de rastreamento de veículos podem funcionar diretamente interligados com os veículos autônomos ou não, complementando uma rede de informações que podem ser dispostas ao software que irá administrar o tráfego dos veículos autônomos (KELBER, 2002).

3.1d Sensores de transição viário-passeio

poderiam ter sensores implantados nas vias específicas (mistas ou não), que informem ao veículo a proximidade de um pedestre além do alinhamento do meio fio e, talvez o mais importante, identificadores de localização em todos os autos que irão transitar por uma determinada região que possuam veículos autônomos autorizados para trânsito. Sensores como esse são propostos em literaturas que consideram a aplicação de sensores como um fator determinante para a aplicação dos veículos autônomos, no que tange a troca de informações por internet e conexão inteligente de dados (GERLA, 2014).

3.1f Sistema integrado de implantação

A disposição de um sistema integrado para a implantação de veículos autônomos pode ser a melhor solução possível, para uma integração segura e passível de autoconscientização, entre os motoristas humanos e os veículos automaticamente guiados.

Isso se dá pela característica mista e detalhada de sinalizações tanto para o sistema de software dos veículos robô, quanto para os motoristas que deverão estar atentos às pistas e faixas destinadas ao trânsito dos carros auto guiados, vias essas sendo exclusivas ou não.

Esse sistema, em conjunto com todos os sistemas de rastreamento ou de detecção sensorial poderiam ser integrados aos itens que já dispomos no trânsito, como a sinalização por meio de pintura horizontal, por placas de advertência, regulamentação ou de orientação, poderiam ter algoritmos programados para lidar com o registro de funcionamento dos semáforos já funcionais em todo território municipal (SIMÕES, 2014).

3.2 Impacto quantitativo e qualitativo

No que tange a aplicação e resultantes práticas, teríamos na aplicação dos veículos autônomos uma redução de até 65% no tempo de viagem para uma faixa exclusiva com apenas veículos-robô. Para cenários de faixas mistas ou mesmo ocasionalmente inter-relacionadas, esses parâmetros iriam de tempos médios sempre melhores que os já obtidos num trânsito com motoristas humanos, no caso de pelo menos 50% dos autos sendo autônomos; Já em um caso com baixa integração, com uma faixa mista em que apenas 25% dos veículos sejam autônomos, a relação pouco mudaria ou mesmo se manteria similar, em relação a um tráfego não autônomo (COVAS, 2017).

O ganho de tempo útil por parte da implantação de faixas mistas ou exclusivas pode ser explicitado por uma redução do tempo de viagem de 2 horas e 43 minutos (como demonstrado anteriormente), com o cálculo de ganho segundo: vias com 100% de veículos autônomos, uma redução para 57 minutos e 5 segundos em média.

Na mortalidade, existe toda uma consideração para a causa dos acidentes que considera as inconsistências de condução humanas como indicativos predominantes para causa, chegando em até 90% dos motivos para uma batida ou atropelamento (LITMAN, 2017). Portanto, considerando-se que alguns autores anulam a chance destes erros num panorama 100% de autonomia veicular, teríamos uma redução de 897 mortos (DA SILVA, 2019) para aproximados 90 óbitos em geral. Trazendo uma economia que gira em torno de 21 bilhões anuais para a redução na ausência de produção e 5,85 bilhões em relação ao fim de custos relacionados aos problemas com gasto de combustível, saúde pública e transporte de carga. De acordo com os levantamentos realizados na última década, sobre os custos urbanos das problemáticas viárias em São Paulo (CINTRA, 2014/ALMEIDA, 2014).

Lembrando que para estas colocações de reduções em tempo e custo, não estão considerados os problemas que podem vir a ocorrer no funcionamento de, pelo menos, todos os veículos da primeira geração implantada de carros autônomos, como mal funcionamento de hardware ou software, batidas intencionais em busca de indenizações, assaltantes adaptados ao burlar do comportamento do veículo autônomo e diversas outras variáveis que dependerão de pura análise empírica para terem qualquer embasamento em categorização.

Usando um sistema colaborativo de estacionamento entre veículos autônomos e vigilância humana, poderemos ter um ganho de até 20% de áreas úteis em bolsões de vagas públicas ou de uso comercial restrito. Impactando diretamente no aproveitamento dessas áreas como pontos para implantação de instalações que possam gerar mais lucros para a instituição em que essas vagas estejam dispostas (FERREIRA, 2014).

Os indicativos de melhoras podem ser trazer diversos benefícios para os futuros usuários numa condição de nível 4 ou 5, reduzindo o stress e aumentando a produtividade dos motoristas e passageiros em potencial, trazendo maior oportunidade para descanso, trabalho remoto e até reuniões (LITMAN, 2017).

Outro implicativo será, como já tratado entre as dificuldades de implantação, a ampla discussão acerca das mudanças no mercado de trabalho. O que deve impactar o debate público profundamente, içando dificuldades no trato entre diversos setores de discussão sobre infraestrutura urbana e social de todo o município (FUKS, 2000).

Em uma análise geral, a implantação dos veículos autônomos pelo mundo, principalmente em São Paulo deve ser postergada até meados de 2040, estando neste meio tempo todo um processo de aplicação gradual que passe de veículos de grande porte no início aos autos próprios, fomentando ganhos da malha viária e no nível de acessibilidade de transporte para todos, uma vez que até mesmo a posse dos autos se tornará algo obsoleto (JUNIOR, 2018).

4 CONCLUSÃO

Estamos no estágio 3 de automação (SAE International), e parece claro para a maior parte do corpo acadêmico preocupado com essa questão dos veículos autônomos, que estamos num período de clara transição. Um momento que trará dilemas, problemas adiantados e muita preocupação por parte do público.

Mesmo assim, levando-se em conta o potencial dessa nova solução tecnológica viária, ficam claros os motivos que fariam a implantação de veículos autônomos passar pelo escrutínio público e se tornar meio comum de transporte. Uma vez que as reduções de problemáticas parecem claras, os ganhos econômicos são gritantes e todo um mercado novo pode ser criado com enfoque em mais comodidade e praticidade para todos os cidadãos.

Em São Paulo, cidade que figura como o maior polo econômico e industrial do Hemisfério Sul e o maior centro de negócios da América Latina, possui demandas por um tráfego eficiente que podem ser sanadas somente pela aplicação de algo com efeitos tão drásticos como os veículos conduzidos por software, que irão programar as soluções constantemente para o caos viário da cidade.

Ainda existem questões de análise econômica acerca do custo de implantação desses veículos, que serão em grande maioria elétricos. Porém, não há como prever os parâmetros de custos como um panorama especificado para São Paulo, uma vez que fatores imprevisíveis podem trazer toda uma variabilidade para quaisquer estimações que possam ser conceitualizadas neste estudo.

No entanto, apesar de muita incerteza na aplicação desses autos, há um consenso de progressão na necessidade por mais literatura e pesquisa. Que vise demonstrar cada vez mais o poder dessa nova tendência.

Se São Paulo será capaz de abrigar estes veículos e apresentar bons resultados, os números dos estudos atuais corroborariam com isso. No entanto, necessitamos de muito mais discussão e fomento de mídias nesse sentido para, cada vez mais, chegarmos próximos do trânsito ideal que essas pesquisas apresentam.

5. REFERÊNCIAS

- GERLA, Mario et al. Internet of vehicles: From intelligent grid to autonomous cars and vehicular clouds. In: 2014 IEEE world forum on internet of things (WF-IoT). IEEE, 2014. p. 241-246.
- WILLIAMS, Stefan Bernard. Efficient solutions to autonomous mapping and navigation problems. 2001.
- HASEGAWA, Júlio Kiyoshi et al. Sistema de Localização e Navegação apoiado por GPS. In: Congresso Brasileiro de Cartografia. 1999.
- FERREIRA, Michel et al. Self-automated parking lots for autonomous vehicles based on vehicular ad hoc networking. In: 2014 IEEE Intelligent Vehicles Symposium Proceedings. IEEE, 2014. p. 472-479.
- RODRIGUES, J. C. A imprevisibilidade aceitável na direção autônoma: Porque a ausência de respostas éticas não deve impedir a adoção de veículos autônomos. Anais. In: X Congresso de Administração, Sociedade e Inovação (CASI). Petrópolis RJ. 2017.
- JUNIOR, Edison de Oliveira Vianna. Veículos autônomos, novos paradigmas da gestão do trânsito da cidade de São Paulo e para a Companhia de Engenharia de Tráfego. Revista UniCET, v. 1, n. 1, 2018.
- COVAS, Gustavo; SANTANA, Eduardo FZ; KON, Fabio. EVALUATING EXCLUSIVE LANES FOR AUTONOMOUS VEHICLE PLATOONS.
- KELBER, Christian Roberto et al. Tecnologia para automação veicular: soluções em mecatrônica e sistemas de apoio ao motorista. 2002.
- ONISHI, Masanori. Control method for an unmanned vehicle (robot car). U.S. Patent n. 4,939,651, 3 jul. 1990.
- SAE International (2014) Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems, SAE standard, nr. J3016__201401, 2014-01-16
- STUMPP, Gerhard; RICCO, Mario. Common rail-an attractive fuel injection system for passenger car DI diesel engines. SAE Technical Paper, 1996.
- ADAMSKI, D.; HILLER, M. Object-oriented development environment for simulations of driving dynamics; Objektorientierte Entwicklungsumgebung zur Fahrdynamiksimulation. 1997.
- IBOPE. Pesquisa de Mobilidade Urbana na Cidade de São Paulo; 2018.
- DA SILVA, Ricardo Barbosa. Os constrangimentos da mobilidade na metrópole de São Paulo. Revista Transporte y Territorio, n. 20, p. 165-189, 2019.
- DENATRAN. Frota de veículos, por tipo e com placa, segundo as Grandes Regiões e Unidades da Federação - JUN/2019
- LEITE, Ivonaldo. Novas tecnologias, mercado de trabalho e educação: um tema e uma problemática. Revista Pedagógica, v. 5, n. 11, p. 7-22, 2018.
- IBM. Global Commuter research about traffic pain survey, 2019.
- LIM, Kevin et al. LiDAR remote sensing of forest structure. Progress in physical geography, v. 27, n. 1, p. 88-106, 2003.
- LECUN, Yann; BENGIO, Yoshua; HINTON, Geoffrey. Deep learning. nature, v. 521, n. 7553, p. 436, 2015.

INGLE, Shantanu; PHUTE, Madhuri. Tesla autopilot: semi autonomous driving, an uptick for future autonomy. *International Research Journal of Engineering and Technology*, v. 3, n. 9, 2016.

GOMES, Lee. When will Google's self-driving car really be ready? It depends on where you live and what you mean by "ready"[News]. *IEEE Spectrum*, v. 53, n. 5, p. 13-14, 2016.

ANDREWS, Jeffrey G. et al. What will 5G be?. *IEEE Journal on selected areas in communications*, v. 32, n. 6, p. 1065-1082, 2014.

BUTAKOV, Vadim A.; IOANNOU, Petros. Personalized driver/vehicle lane change models for ADAS. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, v. 64, n. 10, p. 4422-4431, 2014.

DAVE, Rushit; BOONE, Evelyn R. Sowell; ROY, Kaushik. Efficient Data Privacy and Security in Autonomous Cars. *Journal of Computer Sciences and Applications*, v. 7, n. 1, p. 31-36, 2019.

SIMÕES, Fernanda; SIMÕES, Eliane. Sistema viário e trânsito urbano. *Série de Cadernos*, 2014.

GOMES, S. L.; REBOUÇAS, E. S.; REBOUÇAS FILHO, P. P. Reconhecimento ótico de caracteres para reconhecimento das sinalizações verticais das vias de trânsito. *Revista Sode bras*, v. 9, p. 101, 2014.

MOREIRA, Helio; MENEGON, Roberto. Sinalização horizontal. *Master Set Gráfica*. São Paulo, 2003.

AWAD, Edmond et al. Blaming humans in autonomous vehicle accidents: Shared responsibility across levels of automation. *arXiv preprint arXiv:1803.07170*, 2018.

BONNEFON, Jean-François; SHARIFF, Azim; RAHWAN, Iyad. The Trolley, The Bull Bar, and Why Engineers Should Care About The Ethics of Autonomous Cars [point of view]. *Proceedings of the IEEE*, v. 107, n. 3, p. 502-504, 2019

RAHIMAN, Wan; ZAINAL, Zafariq. An overview of development GPS navigation for autonomous car. In: *2013 IEEE 8th Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA)*. IEEE, 2013. p. 1112-1118.

CARVALHO, Vinícius Ribeiro de. A convergência tecnológica entre a indústria automobilística e a de tecnologias da informação. 2015.

DE SOUSA PISSARDINI, Rodrigo; WEI, Daniel Chin Min; DA FONSECA JÚNIOR, Edvaldo Simões. Veículos Autônomos: conceitos, histórico e estado-da-arte. In: *Anais do XXVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes–ANPET*. 2013.

HUSSAIN, Rasheed; ZEADALLY, Sherali. Autonomous Cars: Research Results, Issues, and Future Challenges. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, v. 21, n. 2, p. 1275-1313, 2018.

ARBEX, Renato Oliveira; DA CUNHA, Claudio Barbieri; SETTI, Joaquim Gabriel Righetto. Comparação de velocidades comerciais antes e depois da implantação de faixas exclusivas para ônibus na cidade de São Paulo através de análise de dados de GPS dos veículos. In: *20 Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito*. 2015.

LITMAN, Todd. *Autonomous vehicle implementation predictions*. Victoria, Canada: Victoria Transport Policy Institute, 2017.

DEGREAS, H.; KANEKO, R.; LEITE, G. Mobilidade Urbana: o caminhar pela cidade de São Paulo. *XI Colóquio QUAPA-SEL, Sistemas de Espaços Livres: Transformações e Permanências no Século XXI*. Salvador, p. 1-14, 2016.