

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO - UNINOVE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
CIDADES INTELIGENTES E SUSTENTÁVEIS (CIS)

CLAUDIO CANTAMESSA

OS DESAFIOS DE IMPLEMENTAÇÃO DOS VEÍCULOS AUTÔNOMOS NO
CENÁRIO BRASILEIRO

SÃO PAULO
2022

CLAUDIO CANTAMESSA

**OS DESAFIOS DE IMPLEMENTAÇÃO DOS VEÍCULOS AUTÔNOMOS NO
CENÁRIO BRASILEIRO**

**THE CHALLENGES OF IMPLEMENTING AUTONOMOUS VEHICLES IN THE
BRAZILIAN CONTEXT**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Cidades Inteligentes e Sustentáveis (CIS) da Universidade Nove de Julho – UNINOVE, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Cidades Inteligentes e Sustentáveis

Orientador: Prof. Dr. Luís Fernando Massonetto

Linha de pesquisa: Regulação Indutora e Instrumentos Urbanos | Inovações e Práticas Aplicadas ao Planejamento Urbano

SÃO PAULO

2022

FICHA CATALOGRÁFICA

Cantamessa, Claudio.

Os desafios de implementação dos veículos autônomos no cenário brasileiro. / Claudio Cantamessa. 2022.

121 f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2022.

Orientador (a): Prof. Dr. Luís Fernando Massonetto.

1. Veículos autônomos. 2. Mobilidade como um serviço (MAAS). 3. Mobilidade sustentável. 4. Cidades inteligentes. 5. Governos. 6. Legisladores e Automação.

I. Massonetto, Luís Fernando. II. Título.

CDU 711.4

CLAUDIO CANTAMESSA

**OS DESAFIOS DE IMPLEMENTAÇÃO DOS VEÍCULOS AUTÔNOMOS NO
CENÁRIO BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Cidades Inteligentes e Sustentáveis (CIS) da Universidade Nove de Julho – UNINOVE, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Cidades Inteligentes e Sustentáveis.

Data de aprovação: 10/03/2022

MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Luís Fernando Massonetto - Programa de Pós-Graduação em Cidades Inteligentes e Sustentáveis (CIS) da Universidade Nove de Julho – UNINOVE - (Orientador)

Prof. Dr. Wilson Levy Braga da Silva Neto

UNINOVE

Prof. Dr. Rodrigo de Oliveira Salgado

MACKENZIE

São Paulo, 10 de Março de 2022, SP, Universidade Nove de Julho - UNINOVE

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, em especial minha mãe (Sueli Passini Cantamessa) que acompanhou de perto a confecção desta dissertação e ao professor Ricardo Marar por apresentar a UNINOVE e incentivar a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Massonetto por me receber tão gentilmente de braços abertos no desafio de preparar uma dissertação que trata de uma tecnologia ainda em implementação, mas de grande impacto quando de sua disseminação.

Agradeço também ao professor Leonardo Vils pela coorientação e motivação que foram importantes para a realização desta dissertação.

Agradeço também professoras/es do quadro discente do Programa de Pós-Graduação em Cidades Inteligentes e Sustentáveis da UNINOVE.

Aos colegas de turma do CIS, agradeço a todos pela convivência, pelos debates e pelo apoio. Foi muito feliz ter passado pelo mestrado, fazendo parte de uma turma que enfrentou as felicidades e as dificuldades inerentes a esse processo.

Um agradecimento especial para o Rafael Urnhani, pelo apoio operacional e administrativo da UNINOVE e a parceria em artigo e trabalhos em grupo.

Agradeço, ainda, aos amigos e familiares que me apoiaram e estavam sempre próximos, principalmente durante a pandemia.

EPÍGRAFE

*“VEREMOS UMA TECNOLOGIA MUITO MELHOR BEM ANTES DE
VERMOS UMA LEI MELHOR”.*

Ponto de vista de uma especialista durante um *workshop*

RESUMO

As mais recentes inovações, acompanhadas das transformações culturais e socioeconômicas que ocorrem em todo o mundo, abrem as portas a novos cenários de mobilidade sustentável. O desafio da inovação no setor de transportes é representado pela automação de veículos: os Veículos Autônomos (VAs). Este relatório explora os recursos dos VAs e suas relações para o planejamento da mobilidade nas cidades, enfocando especialmente a tecnologia desses veículos e a legislação envolvida no emprego desse tipo de veículo no Brasil. Na implementação do VAs nas cidades, são previstos riscos e benefícios, tais como, mudanças nos índices de acidentes, congestionamentos e de poluição. Esses fatores estão diretamente ligados à atenção e à abordagem dos governos e legisladores sobre a questão do uso dos VAs. Este estudo é motivado principalmente pela ausência de discussões no contexto brasileiro seja no quesito da legislação de trânsito ou na complexa estrutura jurídica e regulatória que coloca o Brasil na lanterna das discussões e testes dos VAs.

Palavras-chave: Veículos Autônomos; Mobilidade como um Serviço (MAAS), Mobilidade Sustentável; Cidades Inteligentes; Governos; Legisladores e Automação.

ABSTRACT

The most recent innovations, accompanied by cultural and socioeconomic transformations that are taking place all over the world, open the door to new scenarios of sustainable mobility. The challenge of innovation in the transport sector is represented by the automation of vehicles: Autonomous Vehicles (AVs). This report explores the resources of AVs and their relationship to mobility planning in cities, focusing especially on the technology of these vehicles and the legislation involved in using this type of vehicle in Brazil. When implementing AVs in cities, risks and benefits are foreseen, such as changes in accident rates, congestion and pollution. These factors are directly linked to the attention and approach of governments and legislators on the issue of the use of AVs. This study is mainly motivated by the absence of discussions in the Brazilian context, whether in terms of traffic legislation or the complex legal and regulatory structure that places Brazil in the last position of discussions and tests of AVs.

Keywords: Autonomous Vehicles; Mobility as a Service (MAAS); Sustainable Mobility; Smart Cities; Governments; Legislators and Automation.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A*STAR	Agência para Ciência, Tecnologia e Pesquisa
AAA	American Automobile Association
CARTS	Committee on Autonomous Road Transport for Singapore
CCO	Centros de Controle de Operações
CCT	Centro de Controle de Tráfego
CETRAN	Centre of Excellence for Testing and Research of AVs
CMMAD	Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento
CTB	Código de Trânsito Brasileiro
ESC	Controle Eletrônico de Estabilidade
IA	Inteligência Artificial
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
ITCs	Tecnologias de Informação e Comunicação
LGPD	Lei Geral de Proteção de Dados
LIDAR	Light Detection and Ranging
LTA	Land and Transport Authority
MaaS	Mobility as a Service
MAsD	Mobilidade Autônoma sob Demanda
MLP	Multi-Level Perspective
NHTSA	National Highway Traffic Safety Administration - Agência Nacional de Estradas, Trânsito e Segurança Americana
OECD	Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PDPA	Personal Data Protection Act
PMU	Plano de Mobilidade Urbana

PNMU	Política Nacional de Mobilidade Urbana
PROSPECTS	Procedures for Recommending Sustainable Planning of European City Transport System
SAE	Associação dos Engenheiros Automobilísticos - Society of Automobile Engineers
SAVI	Singapore Autonomous Vehicle Initiative
SNT	Sistema Nacional de Trânsito
TAM	Modelo de Aceitação Tecnológica - Technology Acceptance Model
USDOT	Departamento de Transporte Americano
V2I	Technologies Vehicle-to-Infrastructure
V2N	Technologies Vehicle-to-Network
V2P	Technologies Vehicle-to-People
V2V	Technologies Vehicle-to-Vehicle
V2X	Vehicle-to-Everything
VA	Veículo Autônomo
VC	Veículo Conectado
VE	Veículo Elétrico
WCED	Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Veículo Autônomo Navia da Induct.....	26
Figura 2 – Níveis de Automação Veicular	33
Figura 3 – Comparação de complexidade de Software entre Avião e Automóvel.....	35
Figura 4 – Frentes de Trabalho para Execução das Cidades Inteligentes	60
Figura 5 – Locais de Testes de VAs nos EUA	83
Figura 6 – Quantidade de testes de VAs nos EUA	83
Figura 7 – Índice de Prontidão para Veículos Autônomos	93

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Detalhamento dos Níveis de Automação Veicular	34
Quadro 2 – Arcabouço jurídico associado ao PMU	54
Quadro 3 - Fases da Implantação de uma Cidade Inteligente.....	59

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	17
1. HISTÓRICO DO DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA DE VEÍCULOS AUTÔNOMOS	23
1.1. HISTÓRIA DA EVOLUÇÃO DOS VEÍCULOS AUTÔNOMOS	24
1.2. INOVAÇÕES QUE PROPORCIONARAM AUTOMAÇÕES DOS VEÍCULOS	26
1.3. A TECNOLOGIA EMBARCADA E OS NÍVEIS DE AUTOMAÇÃO DOS VEÍCULOS AUTÔNOMOS	29
1.4 FUTUROS CENÁRIOS DA MOBILIDADE E MOBILIDADE COMO UM SERVIÇO (MaaS)	35
Mobilidade como um Serviço (MAAS – Mobility as a Service)	38
1.5 BENEFÍCIOS, RISCOS E CUSTOS RELACIONADOS AOS VEÍCULOS AUTÔNOMOS	40
Segurança	41
Custos Relacionados aos VAs	42
Congestionamentos	43
Inclusão Social	45
Poluição	45
1.6 FUTUROS CENÁRIOS DE IMPLEMENTAÇÃO DOS VEÍCULOS AUTÔNOMOS	46
COMENTÁRIOS FINAIS	49
2. A MOBILIDADE SUSTENTÁVEL INSERIDA NAS CIDADES INTELIGENTES E OS DESAFIOS JURÍDICOS DOS VEÍCULOS AUTÔNOMOS	51
2.1 DEFININDO A MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL	52
2.2 MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL NO BRASIL E SUA COMPLEXA LEGISLAÇÃO REGULATÓRIA	53

2.3 OS DESAFIOS NO PLANEJAMENTO DAS CIDADES INTELIGENTES ...	58
2.4 NOVOS RISCOS PROVENIENTES DAS CIDADES INTELIGENTES	61
COMENTÁRIOS FINAIS	64
3. ANÁLISES DE EXPERIÊNCIAS ANTERIORES NA IMPLEMENTAÇÃO DE INOVAÇÕES NO TRANSPORTE BRASILEIRO E A IMPORTÂNCIA DO PROTAGONISMO DO GOVERNO NA IMPLEMENTAÇÃO DOS VEÍCULOS AUTÔNOMOS	66
3.1 ESTUDO DE CASO SOBRE A EVOLUÇÃO DA OBRIGATORIEDADE DOS AIRBAGS NOS VEÍCULOS	67
3.2 EXEMPLOS BRASILEIROS DA REGULAMENTAÇÃO DE TRANSPORTES	69
Transportes Alternativos – <i>Vans e Kombis</i>	69
Implementação das patinetes nas principais cidades do Brasil	70
3.3 IMPORTÂNCIA DO PAPEL DO GOVERNO NA IMPLEMENTAÇÃO DOS VAS	73
Responsabilidade Civil	74
Privacidade	75
Segurança	76
Segurança Cibernética	77
COMENTÁRIOS FINAIS	78
4. ESTUDOS DE CASO DE IMPLEMENTAÇÃO DOS VEÍCULOS AUTÔNOMOS	80
4.1 A ABORDAGEM DO GOVERNO DOS EUA NA REGULAMENTAÇÃO DOS VEÍCULOS AUTÔNOMOS	80
4.2 A EXPERIÊNCIA DE IMPLEMENTAÇÃO DOS VEÍCULOS AUTÔNOMOS NO ARIZONA	84
4.3 IMPLEMENTAÇÃO DOS VEÍCULOS AUTÔNOMOS EM SINGAPURA	86
Legislação e Políticas	86

Privacidade.....	87
Cibersegurança	88
Infraestrutura para Testes	88
4.4 O QUE O BRASIL TEM FEITO PARA IMPLEMENTAR OS VEÍCULOS AUTÔNOMOS.....	89
COMENTÁRIOS FINAIS	94
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	96
REFERÊNCIAS.....	100

INTRODUÇÃO

As projeções da Organização das Nações Unidas – ONU – mostram que as populações urbanas crescerão em mais de 2 bilhões de pessoas nos próximos 40 anos. (ONU, 2012). Se essas estimativas se tornarem realidade, a população global ultrapassará os 9 bilhões de habitantes e mais de 65% da população viverá em cidades em 2050. (ONU, 2012). Apesar de estatísticos, esses dados exigem atenção particular às imperativas demandas em termos de desenvolvimento sustentável e melhoria da qualidade de vida das pessoas. (BATAGAN, 2011).

O cenário atual mostra que a rápida urbanização traz significativa perda de funcionalidades básicas para que algumas cidades sejam consideradas como lugares habitáveis: dificuldades na gestão de resíduos, escassez e má gestão de recursos, poluição do ar, deficiências no sistema de atenção à saúde, congestionamentos no tráfego urbano e de transportes, inadequação e obsolescência das infraestruturas e carências nas atividades de segurança pública, entre outras restrições à qualidade de vida da população. (BATAGAN, 2011). Essas são questões que podem ser enfrentadas com o aproveitamento adequado das capacidades atuais e futuras, melhorando a eficiência e reinventando a organização das cidades, tendo as tecnologias da informação e comunicação (TIC) como viabilizadoras de um sistema nervoso para as cidades inteligentes. (GUPTA, 2002).

A dinâmica na cidade é intensa e as suas transformações são constantes. Os debates sobre o papel das cidades na economia global têm crescido particularmente quando se observa intensa concentração das pessoas nos centros urbanos. (SASSEN, 1998). Essa concentração gera desafios e oportunidades para que governos, iniciativa privada e o meio acadêmico colaborem entre si na busca por soluções inovadoras. (ETZKOWITZ, 2002).

O padrão modernista de planejamento urbano, fundamentado na análise crítica das transformações ocorridas após o surgimento da sociedade industrial,

norteou a expansão das cidades reverenciando o automóvel como intendente da mobilidade urbana. No início do século XX, grandes cidades, como Nova York, dependiam fortemente de veículos movidos a cavalos que geravam problemas de grande tráfego de animais, odores e a convivência não harmônica com os pedestres. (TARR e MCSHANE, 2008). Com a produção em massa dos veículos a combustão interna, os problemas relacionados ao transporte movido a cavalos foram completamente resolvidos sem nenhuma participação ativa de planejadores ou projetistas.

A relevância da máquina móvel com motor de combustão para o período, símbolo de modernidade e progresso, é percebida no lema adotado por Washington Luís durante a campanha para presidência do estado de São Paulo, em 1920: governar é abrir estradas. (LARA, 2016).

Importantes projetos de remodelação do sistema viário e de expansão urbana no Brasil durante o período de industrialização – como o plano de Alfred Agache para o Rio de Janeiro, o Plano de Avenidas de Francisco Prestes Maia e João Florence de Ulhôa Cintra para São Paulo e os planos de Nestor Egidio de Figueiredo para Recife e João Pessoa – aspiravam a abertura de vias públicas de maiores dimensões, adequadas para o trânsito de veículos automotores (REIS FILHO, 2002), ordenando o alargamento de ruas e avenidas, com a implantação de novos padrões de malha urbana e a construção de rodovias não somente no Brasil, mas em todo o mundo.

Para comprovar essa visão modernista, a Carta de Atenas, manifesto que estabeleceu os princípios da Cidade Funcional, publicada após o IV Congresso Internacional da Arquitetura Moderna de 1933, reconheceu que as condições centenárias das cidades, instituídas a partir de motivações superpostas, continuamente renovadas ao longo do tempo, haviam sido brutalmente modificadas pelo automóvel (LE CORBUSIER, 1993) e, desde então, grande parte da prática urbanística se restringiu unicamente à engenharia viária. O dimensionamento das vias, distância entre cruzamentos e desenvolvimento da malha urbana, anteriormente concebidos de acordo com as necessidades e velocidade natural dos pedestres, se sujeitaram então à

velocidade mecânica, volume e capacidade dos automóveis. (LE CORBUSIER, 1993 e LARA, 2016).

Todavia, o modelo modernista muito rapidamente passou a ser contestado por não solucionar a questão da mobilidade nas cidades, enquanto intensificava ainda outras disfunções urbanas. A submissão da ordem circulatória ao automóvel, que “sozinho terminaria por determinar a posição de um grande número de projetos” (CHOAY, 2013) resultou em longos engarrafamentos e na ocupação dispersa e de baixa densidade do território, acarretando aumento no tempo, distância e número de deslocamentos cotidianos, crescimento no custo para implantação e conservação de infraestrutura e serviços públicos, aumento nas despesas de consumo sobre veículos e combustíveis, elevação na emissão de poluentes e redução das oportunidades econômicas para não condutores.

A indústria de transporte mais avançada, do ponto de vista de demonstração e validação, é a de veículos rodoviários (EUROPEAN COMMISSION, 2017). Os principais fabricantes de automóveis, bem como os principais participantes do mercado de Tecnologia da Informação (TI), esperam comercializar veículos totalmente conectados e automatizados até o ano 2030 (MARKET FORECAST FOR CONNECTED AND AUTONOMOUS VEHICLES. TRANSPORT SYSTEMS, 2017). Esses veículos encontrarão aplicação no transporte de passageiros, no qual a mobilidade privada e os transportes públicos, tais como, ônibus, táxis e outros sistemas sob demanda, poderão se fundir em alternativas de transporte inovadoras oferecidas pela mobilidade compartilhada (ARUP, 2017). Além disso, prevê-se que haverá um uso intenso de sistemas automatizados também no transporte de cargas para entrega na primeira e última milha em áreas urbanas através de veículos comerciais leves autônomos e para a distribuição de carga em rede nacional com o uso de veículos pesados (adotando soluções de comboios de caminhões). (COPPOLA e SILVESTRINI, 2019).

As cidades inteligentes devem ter grande impacto no futuro da gestão municipal e na vida dos cidadãos. Cidades brasileiras convivem com desafios

históricos de segurança, saúde, educação, saneamento básico, habitação e desigualdade social. (SOUZA e SILVA NETO, 2020). O poder público tem a incumbência de assegurar com transparência, eficiência e agilidade a constituição de políticas legitimadas institucionalmente, que estimulem a competitividade e a inovação nas cidades, universalizando os serviços públicos com uma orientação de desenvolvimento solidário, inclusivo e sustentável. (BOYKO *et. al.*, 2006).

De acordo com o **Relatório de Status Global**, publicado pela Organização Mundial da Saúde – OMS –, o número relatado de mortes anuais no trânsito atingiu 1,35 milhão em 2018, tornando-se a oitava causa mundial de morte não natural entre pessoas de todas as idades. (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2018). A tecnologia dos Veículos Autônomos (VAs) tem um potencial importante de melhorar a segurança no trânsito, diminuir os congestionamentos, ajudar na redução dos combustíveis fósseis e a consequente redução nos níveis de poluição e o melhor uso do espaço urbano. (ANDERSON *et al.*, 2016).

No entanto, a adoção generalizada dos VAs está longe de ser garantida. Um obstáculo potencial e significativo é o ambiente jurídico. Embora, a regulamentação possa facilitar o sucesso comercial de tecnologias emergentes, bem como gerenciar seus riscos potenciais (DOWNES, 2016), ela também pode inserir barreiras e gerar distorções potenciais que impactam não apenas os cidadãos das cidades como também o meio ambiente. (UNESCO, 2005).

O objetivo deste trabalho é apresentar o desafio na regulamentação dos VAs, possibilitando identificar uma abordagem regulatória que aborde a disputa entre inovação e regulamentação de forma a maximizar os benefícios potenciais e minimizar os riscos potenciais desta nova tecnologia.

No texto **Driveless City - How will AVs Shape Cities in the Future?** (Cidade sem Motorista – Como os VAs transformarão as cidades do futuro?), Sagástegui (2020) realizou investigação com um grupo de especialistas e

identificou que a década iniciada em 2020 será a época em que os veículos sem condutores chegarão às ruas da cidade. A maioria dos especialistas prevê que 10% dos veículos estarão sem motoristas em 2030, embora outra escola de pensamento acredite que isso será mais próximo de 3%. Embora, a projeção indique o baixo percentual projetado de veículos nas ruas, o impacto potencial que os VAs causarão ainda será uma força a ser considerada.

Nesse sentido, vamos considerar o seguinte cenário: numa determinada hora, o número médio de carros nas estradas na cidade de Toronto é de cerca de 107.200 (ASHBY, 2016). O Uber informou que seu número médio de motoristas *online* por hora em Toronto era inferior a 3.500 (BLINICK, 2018). Isso significa que na cidade, o Uber compreende apenas mais de 3% dos veículos na cidade. Agora, volte para o ano de 2015 e lembre-se do impacto que o Uber trouxe para Toronto e cidades em todo o mundo. Pense no quanto isso perturbou a indústria de táxis e o transporte público. Pense em como isso mudou nossos hábitos e expectativas. Agora, imagine o impacto que o mesmo número de VAs trará.

Além dessa apresentação, essa dissertação está estruturada em quatro capítulos. No primeiro capítulo é apresentada a história da evolução dos veículos autônomos e as inovações que proporcionaram automações dos veículos. Trata, também, da tecnologia embarcada e os níveis de automação dos veículos autônomos, bem como os futuros cenários da mobilidade e mobilidade como um serviço (MaaS). O capítulo também apresenta uma avaliação dos benefícios, riscos e custos relacionados aos veículos autônomos, abordando os aspectos relacionados à segurança, redução de custos, redução dos congestionamentos, economia do compartilhamento, inclusão social e redução da poluição. O encerramento do primeiro capítulo se dá com a análise dos cenários de implementação dos veículos autônomos.

O segundo capítulo aborda a mobilidade sustentável e os desafios jurídicos dos veículos autônomos, definindo a mobilidade urbana sustentável no Brasil e sua complexa legislação regulatória. Adicionalmente, apresenta novos riscos provenientes das cidades inteligentes.

No terceiro capítulo é elaborada uma análise de experiências anteriores na implementação de inovações no transporte brasileiro e a importância do protagonismo do governo na gestão dos veículos autônomos, com a apresentação de estudos de caso sobre a evolução da obrigatoriedade dos *airbags* nos veículos e exemplos brasileiros da regulamentação de transportes, tais como, os transportes alternativos (*vans* e *kombis*) e a experiência das patinetes nas principais cidades do Brasil. O capítulo se encerra com a discussão sobre a importância do papel do governo na efetivação dos VAs.

O quarto capítulo traz estudos de caso de implementação dos veículos autônomos, relatando a abordagem do governo dos EUA na regulamentação dos VAs, destacando os testes e implementações no estado do Arizona e a liderança de Singapura nos testes e ampliação do uso dos VAs em mais de 1.000 vias públicas. Traz também o panorama da adoção dessa tecnologia no Brasil, identificando as poucas iniciativas do governo para incentivar essa adoção, resultando na última colocação no *ranking* de prontidão publicado pela KPMG.

1. HISTÓRICO DO DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA DE VEÍCULOS AUTÔNOMOS

A tecnologia que a indústria automobilística mais discute atualmente é a relacionada aos Veículos Autônomos (VAs). Com os sistemas de assistência à direção cada vez mais autônomos na produção de carros, a mudança para uma experiência de direção totalmente automatizada já começou. Embora a progressão para esse futuro possa ser gradual, os VAs são, geralmente, considerados como uma força perturbadora (MAUNSELL *et al.*, 2014). Com importante potencial para mudar drasticamente não só o ambiente de trânsito, mas também a forma como vemos a mobilidade, projetamos cidades, comportamento humano e, conseqüentemente, trabalhamos e vivemos em uma sociedade cada vez mais conectada com enormes implicações econômicas. (SHANKER *et al.*, 2013).

Neste primeiro capítulo, apresentamos como surgiu a ideia e o projeto dos VAs, as primeiras tentativas de automação e sua evolução até os dias de hoje. A complexidade de materialização de um VA é descrita, neste capítulo, quando apresentamos as tecnologias embarcadas nos veículos, sua constante conexão com GPS, dependência de uma inteligência artificial que aprende com milhares de variáveis todos os minutos para não falar segundos.

Os estudos e evolução no desenvolvimento dessa tecnologia inovadora é representada nos níveis de automação que os veículos precisam atingir até serem totalmente autônomos (nível 5). A indústria automobilística é um entre os inúmeros negócios que serão impactados pela instalação dos VAs. Empresas fora do setor automobilístico, muitas vezes *startups* que recebem financiamento de empresas de tecnologia, assumem posição de liderança na corrida pelo tão sonhado nível 5 de automação total dos veículos.

Através de uma ampla análise bibliográfica, apresentamos os benefícios, as desvantagens e custos relacionados aos VAs, além do impacto na mobilidade das cidades e da influência no desenho urbano.

Toda nova tecnologia possui um valor inicial alto até sua completa estabilização e adoção por grande parte do público, sendo assim, além da tecnologia embarcada nos VAs, a propriedade e a operacionalização dos VAs irão gerar novos modelos de negócio que precisam do acompanhamento e ratificação dos governos e legisladores para que o impacto sócio-econômico-ambiental resulte em uma mobilidade cada vez mais sustentável.

Os VAs possibilitarão uma revolução na mobilidade das cidades. Assim, é apresentada a oportunidade de evitar os erros do passado – aqueles que a revolução do transporte anterior causou nas cidades. Erros de meio século de desenvolvimento voltado ao uso individual dos carros. Essa opção deixou desafios econômicos e ambientais ligados aos congestionamentos e espraiamentos das cidades. (ZON e DITTA, 2016).

1.1. HISTÓRIA DA EVOLUÇÃO DOS VEÍCULOS AUTÔNOMOS

Prever o futuro e a próxima inovação sempre esteve no DNA humano. Os primeiros cavalos montados por humanos, indomados e, portanto, não controlados, forneceram os primeiros exemplos de "veículos autônomos" já em 10.000 anos a.C. (CARROS AUTÔNOMOS, 2013). Em 1478, Leonardo Da Vinci fez o esboço de uma carroça que tinha um mecanismo de controle inteligente que poderia ser conduzida por um curso predeterminado. (WEBER, 2014). Segundo o Museu da História do Computador, os veleiros foram os primeiros veículos automotores que possuíam um dispositivo com cordas que o mantinham no curso de forma automatizada. E apenas uma década após sua invenção, os aviões tiveram os seus primeiros pilotos automáticos.

Imaginar um carro sem motorista está presente nas histórias de ficção científica desde a década de 30 do século passado. Em 1939, o pavilhão do futuro da GM (General Motors) na feira mundial de Nova York (WIRED, 2007) mostrou um mundo imaginário que se tornaria realidade em 1960, com rodovias, ruas e a presença de automóveis completamente automatizados. Esse cenário era composto por rodovias que usariam um sistema de ímãs para controlar a distância dos automóveis e um sistema de trilho para manter o

tráfego em linha reta, ideia que nunca se concretizou pela exigência de grandes investimentos em infraestrutura. (WIRED, 2007).

Com o surgimento da computação, a possibilidade de ter uma tecnologia para guiar os veículos sem um motorista chamou a atenção do setor bélico que no final da década de 1960, começou a utilizar o computador para guiar mísseis nucleares e ajudar no lançamento de foguetes para o espaço como parte da disputa entre EUA e URSS, na Guerra Fria. (WETMORE, 2003).

O maior desafio sempre foi a fase de processamento que depende do desenvolvimento da Inteligência Artificial (IA) para a tomada de decisões. Um progresso importante foi dado na década de 1980, quando o alemão Ernst Dickmanns¹ conseguiu fazer uma van da Mercedes dirigir centenas de quilômetros sem motorista. (CLARK *et al.*, 2016).

Nas décadas seguintes, muitas tentativas e estudos foram feitos, porém, os testes sempre aconteceram em espaços controlados. O primeiro veículo autônomo de uso comercial foi o Navia, fabricado pela empresa francesa Induct e lançado em 2013 (**Fig. 1**). Esse veículo autônomo (nível 4) atinge uma velocidade máxima de 30 km/h, tem capacidade de transportar 8 passageiros e foi inicialmente usado para o deslocamento de passageiros entre os terminais do aeroporto de Heathrow (Londres) a um custo de USD 250.000. (CAULA, 2013). Sua tecnologia permite uma navegação baseada em sensores a laser, o que dispensa uma infraestrutura da via própria para o veículo. Sua integração com dispositivos móveis – *smartphones* e *tablets* – permite a instrução de uma rota específica ou, ainda, que ele seja ativado quando chamado. (MAISTO, 2014).

¹ Ernst Dieter Dickmanns (4 de janeiro de 1936) é um pesquisador alemão, pioneiro nas áreas de visão computacional e veículos autônomos. Por suas pesquisas, é chamado de "pai do carro autônomo".

Figura 1 – Veículo Autônomo Navia da Induct



Fonte: INHABITAT, 2012.

Em 2008, os fundadores da Google, Larry Page e Sergey Brin, foram convencidos, após um passeio com um Prius autônomo na sede da Google na Califórnia, que os automóveis autônomos seriam uma grande oportunidade de negócio e começaram a investir em sistemas para os veículos autônomos. Hoje, a Google lidera a corrida para na implementação desses veículos com o WAYMO. (LAVRINC, 2012).

1.2. INOVAÇÕES QUE PROPORCIONARAM AUTOMAÇÕES DOS VEÍCULOS

As novas aplicações decorrentes da evolução das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) possibilitam um desempenho otimizado entre os veículos e infraestrutura para uma rede de transportes eficientes. A digitalização favoreceu a oferta de dispositivos de processamento, coleta e troca de informações entre usuários e prestadores de serviços (COPPOLA *et al.*, 2019). A mobilidade digital e inteligente é possibilitada pelos *smartphones* dos usuários, pelos sensores de localização nos veículos, componentes de telecomunicações e por dispositivos de infraestrutura para detectar e monitorar as condições de tráfego. Juntos, eles criam uma enorme quantidade de dados

(*big data*), que é a principal fonte para o uso de Inteligência Artificial (IA) no transporte, permitindo que os computadores realizem atividades (como dirigir) para humanos (COPPOLA *et al.*, 2019).

A pesquisa na área de inovação tecnológica veicular concentra-se em três áreas principais: eletrificação, conectividade e automação (COPPOLA *et al.*, 2019). Embora a eletrificação já esteja em um estágio avançado, a conectividade acaba por ser uma tecnologia madura, mas ainda pouco usada e a automação ainda não é comercializada, mas só é experimentada com algumas iniciativas (FULTON *et al.*, 2017). Pesquisas e novas evoluções dessas tecnologias e investimentos na digitalização das infraestruturas tornará possível a integração em um sistema único e proporcionar a evolução não apenas dos VAs, mas de toda a mobilidade nos transportes. (COPPOLA *et al.*, 2019).

Estudos mostram que Veículos Elétricos (VEs) trazem benefícios para o meio ambiente e para o consumo de energia, ao eliminar as emissões locais de agentes poluentes e gases que alteram o clima, bem como uma redução global significativa das emissões para a produção de eletricidade, se essa vier de fontes renováveis. (ANDERSON *et al.*, 2016).

Os Veículos Elétricos (VEs) já são uma realidade, graças ao amadurecimento do mercado fomentado por persistentes diferenças de preço entre petróleo e eletricidade e, ainda, a constante redução dos custos de aquisição de um carro com energia elétrica. Além disso, os regulamentos e compromimentos dos países com as diretrizes antipoluição sobre as emissões dos automóveis estão se tornando difíceis de serem cumpridos com os tradicionais motores a combustão. Adicionalmente, incentivos podem vir da superação de problemas e evoluções tecnológicas relacionados à vida útil da bateria, falta de pontos de recarga e longo tempo de recarga (COPPOLA *et al.*, 2019).

Os Veículos Conectados (VCs) são aqueles equipados com tecnologias de comunicação avançadas que permitem a troca de informação, através de

diferentes canais de comunicação, entre os vários elementos do sistema de transporte. Os especialistas geralmente falam sobre *Vehicle-to-Everything* (V2X) para descrever a conectividade futura, que inclui (ITS JOINT PROGRAMS OFFICE, 2015):

- Tecnologias *Vehicle-to-Vehicle* (V2V): troca de dados entre veículos, com o objetivo, por exemplo, de enviar e receber alertas sobre as condições do trânsito;
- Tecnologias *Vehicle-to-Infrastructure* (V2I): troca de dados entre veículos e infraestrutura para permitir que os veículos sejam alertados sobre situações de perigo, devido a acidentes e, eventualmente, para adaptar a direção ao ambiente, por exemplo, acessar áreas com limites de velocidade ou quaisquer outras restrições de tráfego;
- Tecnologias *Vehicle-to-People* (V2P): troca de dados entre veículos e *smartphones* ao redor (ou dispositivos dedicados), a fim de receber informações sobre as atividades que ocorrem nas proximidades;
- Tecnologias *Vehicle-to-Network* (V2N): troca de dados entre veículos e Centro de Controle de Tráfego (CCT) para receber informações em tempo real sobre as condições do tráfego.

Os veículos equipados com as tecnologias acima podem interagir com o ambiente ao seu redor. São capazes de evitar muitas situações perigosas que muitas vezes levam a acidentes rodoviários. Essa conectividade também poderia aumentar o desempenho total da rede de transporte, por meio da harmonização da velocidade e outros sistemas de controle de cruzamento adaptativo cooperativo. (MAHMASSANI, 2016).

Os VAs não dependem da conectividade para se tornar uma realidade, mas a conectividade irá proporcionar um ambiente de direção mais seguro. (POLIS, 2018).

1.3. A TECNOLOGIA EMBARCADA E OS NÍVEIS DE AUTOMAÇÃO DOS VEÍCULOS AUTÔNOMOS

Conforme evidenciado pelos desafios da DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency - Agência de Projetos de Pesquisa Avançada de Defesa) sobre direção autônoma, um grande progresso foi feito apenas na última década. A fim de padronizar as discussões sobre a tecnologia, a SAE (Society of Automotive Engineers – Sociedade de Engenheiros Automobilísticos) definiu 6 níveis (de 0 a 5) de automação em carros autônomos (NHTSA, 2015a) que serão descritos em detalhes mais adiante.

A arquitetura pela qual a direção autônoma é alcançada pode ser descrita por cinco sistemas funcionais, incluindo: Localização, Percepção, Planejamento, Controle e Gerenciamento do Sistema. (JO *et al.*, 2014). O sistema de localização identifica a localização do veículo em um sistema de coordenadas global, enquanto o sistema de percepção avalia o ambiente de direção ao redor do veículo e identifica elementos, tais como, outros usuários da estrada, sinais de trânsito e obstáculos. O sistema de planejamento usa as entradas dos sistemas de percepção e de localização para determinar os caminhos de viagem e as ações de direção, tais como, mudanças de faixa, aceleração e frenagem. (KUUTI *et al.*, 2018). O sistema de controle transforma o comportamento e as ações indicadas pelo sistema de planejamento para os comandos de manipulação do veículo (por exemplo, direção, aceleração e frenagem). O gerenciamento do sistema supervisiona a operação de todos os sistemas e fornece a Interface Homem-Máquina (HMI). Esses sistemas funcionais devem cooperar para responder às três questões importantes: "onde está o carro?"; "o que há ao redor do carro?" e "o que o carro precisa fazer a seguir?" Todas essas respostas têm a finalidade de alcançar uma operação totalmente autônoma. (KUUTI *et al.*, 2018).

Em geral, os sistemas robóticos, incluindo dos VAs, usam um *design* de "plano-ação". Para detectar o ambiente, os VAs usam uma combinação de sensores, incluindo lidar (detecção e alcance de luz), radar, câmeras, ultrassom e infravermelho. (ANDERSON *et al.*, 2016). Um conjunto de sensores em

combinação pode complementar um ao outro e compensar quaisquer deficiências em qualquer tipo de sensor. Embora os sistemas robóticos sejam muito bons em coletar dados sobre o ambiente, entender esses dados continua sendo provavelmente a parte mais difícil do desenvolvimento de um VA ultra confiável. (ANDERSON *et al.*, 2016).

Para localização, os veículos podem usar uma combinação do Sistema de Posicionamento Global (GPS) e Sistemas de Navegação Inercial (INS). Os desafios permanecem aqui também porque esses sistemas podem ser um tanto imprecisos em certas condições. Por exemplo, um erro de até um metro pode ocorrer em um período de 10 segundos durante o qual o sistema depende do INS. (MORAS *et al.*, 2011).

Através de uma pesquisa em publicações especializadas em automóveis, identificamos que já existem, no Brasil, VAs com certo grau de automação. O piloto automático não deixa de ser uma tecnologia que proporciona automação bastante limitada, uma vez que permite apenas manter a velocidade do automóvel e liberar uma das pernas, mas manter a outra pressionando o pedal do acelerador. Outro exemplo, já difundido, é a troca automática das marchas, conveniente nos intermináveis congestionamentos nas cidades. Automatizações mais modernas são encontradas, na sua maioria, em veículos importados. Sensores que fazem com que o automóvel reduza a velocidade para evitar colisão ou dirigir o automóvel sem tocar o volante são alguns dos exemplos de soluções que estão levando os veículos para uma automação completa. Porém, o caminho ainda é longo e desafiador.

A cada segundo inovações tecnológicas estão sendo criadas e aperfeiçoadas para serem embarcadas nos veículos autônomos. Abaixo alguns exemplos:

- Sensores externos: são equipamentos distribuídos por todo o automóvel, detectam todo e qualquer movimento ao redor e são enviados para o computador de bordo que irá fazer as interpretações. Esses sensores são câmeras, radares que emitem ondas de rádio em determinada direção, reverberando os obstáculos, mesurando a velocidade do objeto

e, dependendo da intensidade desse retorno, conseguindo dar uma noção de tamanho e distância. Sonares parecidos aos radares, mas ao invés de emitirem ondas de rádio, emitem ondas sonoras inaudíveis ao ouvido humano e o LIDAR (sigla inglesa Light Detection and Ranging)² que emite feixes de laser na banda do infravermelho e é capaz de modelar a superfície do terreno tridimensionalmente (KUUTI *et al.*, 2018);

- Câmera estereoscópica, também chamada de câmera estéreo que utiliza lentes para criar quadros 3D, proporcionando noção de profundidade e simulando a visão humana. (NICE *et al.*, 2015);
- Câmera Infravermelha, possibilita uma visão precisa em ambientes com pouca iluminação ou nenhuma luminosidade. Seus sensores identificam objetos pela variação da temperatura, captando radiação infravermelha invisível a olho nu. (NICE *et al.*, 2015);
- ESC (Controle Eletrônico de Estabilidade), tecnologia usada inclusive no Brasil, mas que nos VAs faz cálculos e correções na condução de acordo com a velocidade de cada roda, inclinação e direção do veículo. (JURGEN, 2000);
- *Iboost*, um freio eletromecânico a vácuo que gera pressão controlada nos freios o que o torna três vezes mais rápido que o freio convencional. Assim, o veículo mais seguro em frenagens de emergência (PINGFAN *et al.*, 2019);
- GPS, Velocímetro e Hodômetro integrados, a movimentação pelas cidades precisa ser acompanhada de mapas atualizados. Essa integração faz com que o computador calcule a localização mesmo na ausência do satélite. (OZGUNER, *et al.*, 2011);
- Inteligência Artificial, orquestrador de todos os sensores, câmeras e dados mecânicos. A Inteligência Artificial processada em um *hardware*

² O Light Detection and Ranging – LIDAR – é um sensor remoto ativo a bordo de plataformas (tripuladas ou não tripuladas) e um método direto de captura de dados, ele possui sua própria fonte de energia, nesse caso, uma fonte de luz, o laser.

dentro do veículo faz sua condução, faz pequenos reparos e ajustes, avisa sobre manutenção e aprende. A criação de empresas especializadas em desenvolver os *softwares* de condução é o maior desafio para tornar os VAs uma realidade. (ALTOAIMY e MAHGOUB, 2014);

- Conectividade, os VAs precisam estar conectados à rede de *internet*. A rede 5G é a única capaz de transmitir dados em velocidade maior que a decisão humana de 2 a 5 milissegundos, propiciando que a Inteligência Artificial tome decisões. Essa conectividade com o mundo externo e com outros VAs permite melhor segurança e confiabilidade nas viagens com os VAs. (LU *et al.*, 2014).

Alguns veículos já podem ser autônomos mesmo com automação limitada. Conforme a tecnologia, tornam-se confiáveis. Veículos com os itens descritos acima já começam a rodar pelas cidades. Mas, muitos testes ainda precisam ser feitos e quilômetros precisam ser rodados para que a inteligência artificial aprenda e saiba tomar a decisão correta durante um percurso. Um acidente com um VA do Uber 2018³ provocou muitos questionamentos em relação à viabilidade dos VAs e o grau de confiabilidade.

A regulamentação precisa se adaptar a essa nova realidade. Para facilitar a identificação dos níveis de automação foi criada pela Associação dos Engenheiros Automobilísticos (SAE) classificação com cinco níveis, adotada atualmente pela Departamento de Transporte norte-americano (**Fig. 2**):

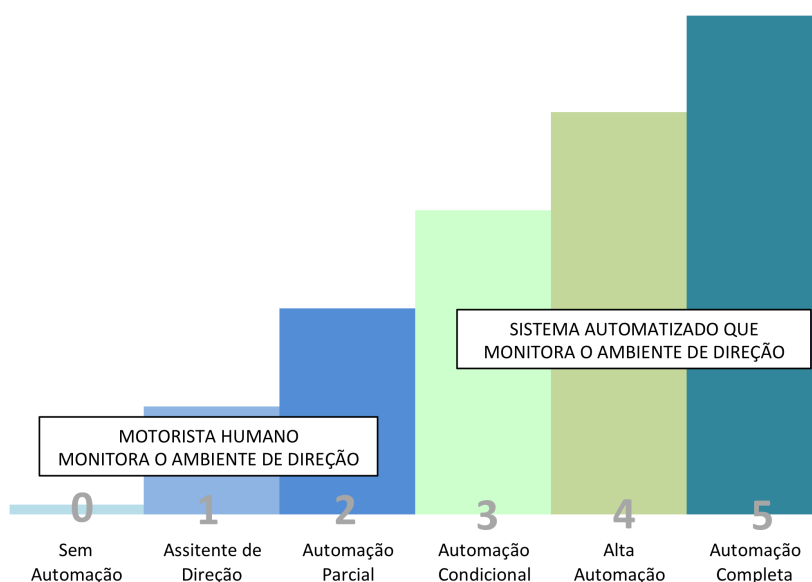
- Nível 0, a maioria dos veículos hoje nas ruas são controlados manualmente. Os motoristas possuem total controle;
- Nível 1, esse é o nível mais baixo de automação. Alguns controles individuais são automatizados, tais como, estabilidade eletrônica e

³ Uma mulher de 49 anos morreu na cidade de Tempe, Arizona (EUA), ao ser atropelada por um veículo sem motorista operado pela Uber. A mulher caminhava fora da faixa de pedestres. Foi o primeiro atropelamento fatal protagonizado por um carro autônomo.

“Cruise Control” adaptativo, no qual o veículo mantém distância segura do veículo da frente;

- Nível 2, pelo menos dois controles podem ser automatizados em conjunto, aceleração e direção. Nesse nível, a velocidade é controlada com sensores que identificam o veículo da frente e as faixas das pistas são monitoradas para manter o veículo na pista, liberando o motorista de colocar a mão na direção;
- Nível 3, o motorista cede controle completo do carro em certas circunstâncias. Mas, o computador avisa quando o motorista precisa voltar ao comando em tempo hábil;
- Nível 4, o veículo faz as funções críticas de segurança durante toda a viagem, sem a expectativa de que o motorista precise controlar o veículo em algum momento. Como o veículo nessa fase dirige o automóvel em todos os momentos, até o estacionamento, esse poderá rodar sem pessoas;
- Nível 5, veículo totalmente autônomo sem a necessidade do pedal de aceleração e volante. Possuem capacidade de ir a qualquer lugar e fazer qualquer movimento que um motorista experiente faz.

Figura 2 – Níveis de Automação Veicular



Fonte: NHTSA, 2015a

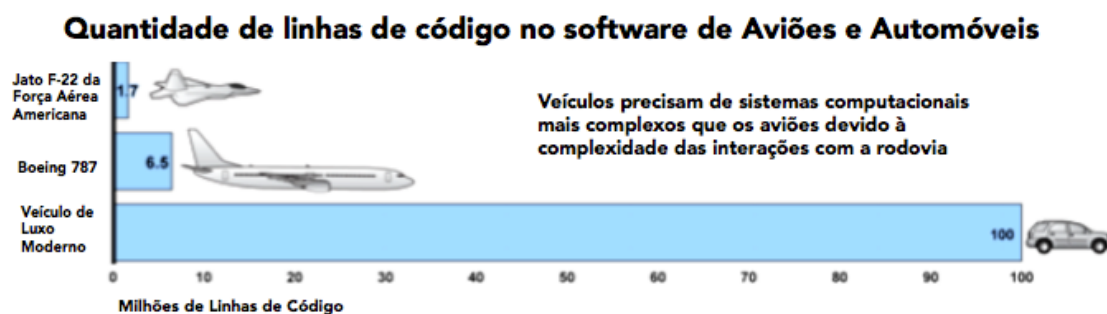
Quadro 1 – Detalhamento dos Níveis de Automação Veicular

Nível SAE	Nome	Definição	Execução da Aceleração, Desaceleração e Direção	Monitoração do Ambiente de Direção	Ação Reserva da Tarefa de Condução Dinâmica	Capacidade (modos de condução)
Motorista humano monitora o ambiente de direção						
0	Sem Automação	Controle total pelo motorista humano de todos os aspectos de direção dinâmica, mesmo quando aprimorada por sistemas de aviso ou intervenção	Motorista Humano	Motorista Humano	Motorista Humano	N/A
1	Assistente de Direção	Execução específica de condução por um sistema de assistência ao motorista de direção ou aceleração / desaceleração usando informações sobre o ambiente de condução com a expectativa de que o motorista humano execute todos os aspectos restantes da tarefa de condução dinâmica	Motorista Humano e Sistema	Motorista Humano	Motorista Humano	Alguns Modos de Condução
2	Automação Parcial	Execução específica do modo de direção, por um ou mais sistemas de assistência ao motorista, de direção e aceleração / desaceleração usando informações sobre o meio ambiente com a expectativa de que o motorista humano execute todos os aspectos restantes da direção dinâmica aspectos da direção dinâmica	Sistema	Sistema	Motorista Humano	Alguns Modos de Condução
Sistema de direção Automatizado monitora o ambiente de direção						
3	Automação Condicional	Desempenho específico de direção por um sistema de condução automatizado de todos os aspectos dinâmicos de direção com a expectativa de que o motorista humano responderá adequadamente a um pedido de intervenção	Sistema	Sistema	Motorista Humano	Alguns Modos de Condução
4	Alta Automação	Desempenho específico do modo de direção por um sistema de direção automatizado de todos os aspectos da tarefa de direção dinâmica, mesmo se um motorista humano não responder adequadamente a um pedido de intervenção.	Sistema	Sistema	Sistema	Alguns Modos de Condução
5	Automação Completa	Desempenho em tempo integral por um sistema de direção automatizado de todos os aspectos da tarefa de direção dinâmica, em todas as vias, e em condições ambientais que poderiam ser gerenciados por um motorista humano	Sistema	Sistema	Sistema	Todos os Modos de Condução

Fonte: NHTSA, 2015a

A maior parte dos veículos disponíveis comercialmente está no nível 2. Veículos no nível 4 já são uma realidade, mas limitações de segurança e aprendizado recentes da Inteligência Artificial (IA) limitam sua operação a uma velocidade de no máximo 55mph e em uma área limitada. Na figura abaixo, apresentamos a ilustração de GAO (2016) que mostra a complexidade de desenvolvimento dos códigos de um VA em comparação a aviões e jatos militares. Como exemplos reais e atuais de VAs, temos o NAVYA que opera ônibus e taxis nos EUA e o WAYMO da Google que tem taxis operando no Arizona. Veículos no nível 5 ainda estão em testes em vários países do mundo, contudo, ainda não estão disponíveis para uso comercial.

Figura 3 – Comparação de Complexidade de *Software* entre Avião e Automóvel



Fonte: GAO (2016)

Embora os VAs provavelmente dependam da tecnologia de comunicação, também pode ser possível que os VAs funcionem verdadeiramente “autônomos”, no sentido de que nenhuma comunicação com veículos e infraestrutura externos seja necessária. (LITMAN, 2014).

1.4 FUTUROS CENÁRIOS DA MOBILIDADE E MOBILIDADE COMO UM SERVIÇO (MaaS)

A frota de automóveis no mundo tem crescido rapidamente e em paralelo com o crescimento econômico (RODRIGUE, 2019). A única solução para diminuir o número de carros nas estradas tem sido investir no transporte público massivo. (DUARTE e RATTI, 2018). Na verdade, apesar de todos os avanços tecnológicos, não faz sentido pensar nos VAs como um substituto para o transporte público. Embora, a combinação de viagens de carro ou a coordenação com frotas de veículos possam aumentar o rendimento em até 20 vezes, essas soluções dificilmente competiriam com a capacidade média de um metrô ou mesmo dos ônibus. Desde a introdução dos carros no início do século XX, existe uma batalha acirrada entre os modos individual e coletivo de transporte. (STANFORD, 2015). Independentemente de quão amigáveis os VAs possam negociar o tráfego sem riscos de colisão e paradas frequentes nos cruzamentos, a frota de VAs necessária para substituir um simples trem do metrô obstruiria as estradas urbanas (DUARTE e RATTI, 2018). No futuro, é

previsto o uso intensivo dos VAs acompanhado por uma renovação da tecnologia de infraestrutura que trará melhorias e mudanças no tradicional transporte público e no desenvolvimento de inovadores serviços de mobilidade (COPPOLA *et al.*, 2020) que se apresenta cada vez mais sustentável, como veremos nos próximos capítulos.

As grandes empresas montadoras de veículos estão sendo desafiadas por *startups* que estão atuando na pesquisa e desenvolvimento da tecnologia embarcada nos VAs. As empresas *startups* com seus ímpetus inovadores têm a possibilidade e habilidade de testar novos conceitos, mesmo com o risco de fracasso, já as grandes montadoras são mais conservadoras e menos ousadas no desenvolvimento e pesquisas de novas tecnologias, sempre procurando a estabilidade econômica. (SILBERG *et al.*, 2013). Com o crescente interesse público e testes cada vez mais promissores da viabilidade dos VAs, as montadoras já correm o risco de perder o protagonismo e sucumbir aos conceitos inspiradores das empresas *startups*, uma vez que hoje já se observa uma confiança maior nelas. (SILBERG *et al.*, 2013).

Na visão da indústria automobilística, o impacto de um futuro cenário com os VAs pode ter diferentes desdobramentos, dependendo das seguintes evoluções nos modelos de uso dos VAs, descritos abaixo. (HÖRL *et al.*, 2016b):

- Modelo tradicional de venda dos VAs para o público consumidor que pode ser uma pessoa física ou empresas de frotas;
- As montadoras poderão mudar o conceito de vendas por unidades para um cenário de vendas por hora de VAs, desenvolvendo soluções para os operadores de frotas ou compartilhamento de *softwares* com as lógicas de direção;
- Outro cenário é a própria montadora ser a operadora de frotas, oferecendo os serviços de uso, seja por hora, seja por compartilhamento dos VAs.

Seja qual for o cenário do modelo, esse não depende apenas das intenções da indústria automobilísticas, mas de tendências em todo o mercado

automobilístico que pode afetar em grandes proporções o cenário atual dessa indústria mundial.

A oferta de serviço de transporte está em grande transformação. É esperado um transporte conectado, ininterrupto e confortável com customização, possibilitando o transporte de porta a porta e sob demanda sempre que for requisitado em complementação ao transporte público (COPPOLA, *et al.*, 2020). Atualmente, já vemos algumas opções de transportes aflorando mundo afora, tais como (COPPOLA, *et al.*, 2020):

- Compartilhamento de veículos, uma solução de aluguel de carros, motos e bicicletas por curto período, cobrado por minuto através de uma taxa que inclui o aluguel, combustível e manutenção indicado para pessoas que não usam os veículos com frequência. Essas empresas, tais como, Car2go, Zipcar e outras estão espalhadas em mais de 1.000 cidades no mundo com milhões de usuários.
- Serviço de carona paga, como os oferecidos pelo Uber, 99App e Lyft, são serviços de transporte sob demanda que usam um modelo de preço dinâmico para definir a tarifa que o usuário pagará, não apenas com base na distância entre a origem e o destino, mas também do tempo estimado de viagem. Esse serviço é mais popular no Brasil desde o início da operação pelo Uber em 2014.
- Compartilhamento de veículos, essa modalidade de transporte torna-se cada vez mais uma realidade nas cidades, promovendo maior sustentabilidade através do compartilhamento entre várias pessoas de uma única viagem. São exemplos: o Uber POOL, Lift Line, BlaBlaCar, que disponibilizaram esse serviço em 2005 e se espalhou com em muitas capitais pelo mundo.

O crescimento de novas tecnologias inovadoras está acelerando mudanças no estilo de vida e necessidades dos consumidores. Mudanças proporcionadas pela *internet* e oportunidades oferecidas pelos *smartphones* (COPPOLA *et al.*, 2020).

Mobilidade como um Serviço (MAAS – Mobility as a Service)

A inovação na mobilidade está transformando alguns meios de transporte (táxi, aluguel de veículos e compartilhamento de carros). Alguns modelos de negócios são apresentados, segundo o conceito de Mobilidade como um Serviço (MaaS). (HOLMBERG *et al.*, 2016).

A MaaS surge da integração de serviços inovadores de mobilidade, como vistos acima, com os serviços de transporte público existentes para oferecer soluções integradas de viagens porta a porta, a partir de um menu disponível em uma única plataforma digital. Esse conceito tornou-se famoso desde 2016, graças à *startup* finlandesa MaaS Global que com seu aplicativo para *smartphones*, denominado Whim, passou a operar em Helsinque (COPPOLA *et al.*, 2020). O conceito de MaaS ainda está sendo definido. Trata-se de uma solução que não é apenas uma forte integração entre os vários modos de transporte, mas pressupõe uma mudança na lógica por trás do transporte, que mudará o modelo baseado na propriedade para o consumo (HOLMBERG *et al.*, 2016).

Espera-se que os provedores de MaaS possam entrar no mercado como novos atores que possibilitariam a cooperação e interconexão entre operadoras, agregando múltiplas ofertas de serviços de transporte em um único serviço de mobilidade sob demanda acessível. (KAMARGIANNI *et al.*, 2016).

O serviço de assinatura é um modelo de negócios que poderia adotar um fornecedor de MaaS, assim como muitas empresas *online*, tais como Netflix, Dropbox, Spotify, que estão fazendo em outros setores. Em vez de vender a propriedade ou um único serviço, o fornecedor vende o uso ao longo do tempo de uma combinação de serviços, com uma taxa que pode variar, por exemplo, diária ou mensal (COPPOLA *et al.*, 2020). Seguindo essa tendência, com a evolução na tecnologia que viabiliza os VAs prevê-se a entrada de novas operadoras que focarão seus negócios na Mobilidade Autônoma sob Demanda (MAAD). (SPIESER *et al.*, 2014).

A introdução de novos serviços de mobilidade nas cidades, se corretamente planejados e integrados às redes de transportes públicos existentes, pode trazer grandes benefícios em termos de sustentabilidade ambiental, social e econômica, proporcionando emprego mais racional e consciente dos recursos. Por exemplo, os VAs podem ser usados, principalmente, como fornecedores para os transportes de massa (YAP *et al.*, 2016) ou, além disso, ser usados como micro trânsito, a fim de estender as linhas de transporte público nas áreas de baixa densidade demográfica e de demanda. (COPPOLA *et al.*, 2020).

O maior medo dos planejadores urbanos, dos governos e dos especialistas é a redução da demanda por transporte público, quando da implementação dos VAs. Estudos já mostraram que as empresas de aplicativo, como Uber e 99taxis, atraíram pessoas não apenas do transporte público, mas também de outros modos, como caminhar e andar de bicicleta (FALCONER, 2018). A redução do número de passageiros do transporte público pelo uso dos VAs e a redução do número de passageiros prejudicaria as finanças das agências de gestão do trânsito estimulando ampliação e dependência do automóvel. (LITMAN, 2018).

Uma solução potencial para esse problema é incorporar a tecnologia de automação no próprio trânsito. Trens automatizados já operam em todo o mundo há décadas. O SkyTrain de Vancouver é um bom exemplo de sistema de trem automatizado da América do Norte. (NATIONAL ASSOCIATION OF CITY TRANSPORTATION OFFICIALS, 2017). Alguns ônibus automatizados de tamanho real também estão sendo testados em diferentes cidades. Para algumas regiões, romper com as rotas estabelecidas e permitir modelos de transporte público sob demanda em veículos que não exigem uma rota fixa pode resultar em uma multiplicação da demanda por transporte público. Na cidade de Belleville, um projeto piloto, em parceria com empresa de softwares Pantonium, visava o aumento do uso de transporte público durante à noite. Esse projeto resultou no acréscimo de 50 passageiros por noite na rota fixa tradicional. Foram entre 250 e 300 passageiros por noite, usando o modelo sob

demanda. Os sistemas de automação de veículos e o uso tecnologias, como essas podem reverter a tendência de erosão do transporte público. (CLEAN AIR PARTNERSHIP, 2019).

Outra ideia interessante é a utilização de VAs na complementação do suporte na “última milha” e na “primeira milha” dos sistemas de trânsito. O objetivo é gerar viagens curtas com os VAs sob demanda e a interligação com os modais de metrô, trens e corredores de ônibus. A esperança é que essa complementação aumente o uso de transporte público. (RAHIMI *et al.*, 2021). Ônibus autônomos menores que, normalmente, acomodam de 8 a 12 pessoas, estão sendo testados em todo o mundo. O objetivo é usá-los para atender a população que mora longe dos modais de transporte nas cidades e facilitar o acesso ao transporte público. (CITY OF TORONTO, 2019).

1.5 BENEFÍCIOS, RISCOS E CUSTOS RELACIONADOS AOS VEÍCULOS AUTÔNOMOS

Ainda que seja na teoria, os VAs são capazes de transformar completamente o futuro urbano, provocando uma revolução no transporte terrestre, se assim as regulamentações permitirem. Isso poderia mudar dramaticamente a paisagem das cidades ao redor do mundo e ter um enorme impacto socioeconômico, espacial e de mobilidade (ALESSANDRINI *et al.*, 2015). Esses impactos podem ser amplos, envolvendo mudanças no comportamento, na oferta de serviços de mobilidade e no desempenho operacional da rede e das instalações. (MAHMASSANI, 2016).

Atualmente, com os grandes congestionamentos, excesso de semáforos e regras de trânsito, dirigir é estressante. Porém, com os VAs esse estresse acaba. Os motoristas atuais serão sempre passageiros e esses poderão descansar (e até dormir em camas dentro dos veículos) ou já começar a trabalhar, enquanto se locomovem ou viajam – realidade possível apenas em veículos no último estágio de automação.

Os benefícios e os riscos potenciais dos VAs irão nortear os esforços de implementação e regulamentação pelos governos e legisladores. Embora, a tecnologia para automação total continue a se desenvolver, a adoção comercial generalizada da tecnologia de veículos autônomos promete oferecer uma ampla gama de soluções sociais, benefícios econômicos e ambientais. (LITMAN, 2018). Neste capítulo, descrevo os benefícios, riscos e os custos mais significativos dentro do qual a tecnologia dos VAs deve continuar a desenvolver e operar.

Segurança

As promessas em relação à segurança no trânsito são grandes. Muitos esperançosos, além da Agência Nacional de Estradas, Trânsito e Segurança Americana (NHTSA), dizem que os VAs irão diminuir os acidentes e os custos dos seguros (IREM, *et al.*, 2017) já que 90% dos acidentes atuais são causados por humanos (NHTSA, 2015a) e mais de 35.000 pessoas são mortas em acidentes a cada ano. Como os VAs seguem as regras de trânsito sem o viés humano, é esperado que o número de acidentes de trânsito diminua 80% até 2070 (BERTONCELLO e WEE, 2015) – quando a automação completa já estiver completamente implementada.

Mas, os acidentes de trânsito não serão eliminados. Os *softwares* podem errar e sofrer panes, falhas de comunicação podem ocorrer e *hackers* podem comprometer os sistemas de monitoramento (HSU, 2017; ITF, 2018; KOCKELMAN, *et al.*, 2016; KOOPMAN e WAGNER, 2017; OHNSMAN. 2014).

A redução prevista de 90% nos acidentes talvez nunca ocorra. Segundo a conclusão de Sivak e Schoettle (2015), as taxas de acidentes dos VAs será próxima dos da média dos motoristas atuais e esta pode até ser maior se consideramos o *mix* de VAs e veículos dirigidos por humanos. Já Groves e Kalra (2017) dizem que a 10% de redução dos acidentes de trânsito já justifica a implementação.

Embora, algumas situações de direção sejam relativamente fáceis para um VA, projetar um sistema que possa funcionar com segurança em quase

todas as situações é um grande desafio (CAMPBELL *et al.*, 2010). Por exemplo, o reconhecimento de humanos e outros objetos na estrada é crítico e mais difícil para VAs do que condutores humanos. (THE ECONOMIST, 2012). Quando uma falha é inevitável, torna-se crucial que os VAs reconheçam os objetos em seu caminho para que possam agir de acordo com o definido em sua programação. A responsabilidade por esses incidentes é a grande preocupação e pode ser impedimento substancial para sua massiva implementação. (FAGNANT e KOCKELMAN, 2015).

A nova sensação de segurança pode provocar a redução no uso dos cintos de segurança e os pedestres podem se sentir mais seguros, diminuindo, assim, a atenção quando atravessam as ruas e avenidas (COLLINGWOOD, 2017 e LITMAN, 2017). Mudanças no comportamento humano precisam ser levadas em consideração na análise dos riscos provenientes da implementação dos VAs.

Custos Relacionados aos VAs

Os VAs não irão substituir os trens urbanos e metropolitanos, mas servirão de facilitadores para a interligação entre os modais existentes. A frota de ônibus será mais inteligente e irá criar rotas de acordo com as localizações dos passageiros, proporcionando a diminuição no tempo de conexão e na experiência dos usuários. Já o compartilhamento de VAs pode tornar-se uma opção ao tradicional serviço de ônibus, uma vez que algumas agências de trânsito estão fazendo parceria com aplicativos para oferecer esses serviços nas cidades com custos mais baixos que os praticados atualmente. (REYES, 2016). A experiência de custos altos iniciais, a partir de novas tecnologias nos automóveis, tais como *airbags* e transmissão automática, mostra que em VAs não será diferente. Esse tipo de tecnologia estará disponível apenas nos modelos mais caros até se tornarem padrão e terem seus custos reduzidos.

Táxis autônomos e pequenos veículos de transporte coletivos autônomos serão mais baratos, quando comparados aos veículos atuais com motoristas, mas com conveniências limitadas: não terão ninguém para carregar

malas ou pacotes e até mesmo assegurar a segurança dos passageiros. Incluem-se na lista ainda: acabamentos pouco confortáveis em aço inox e plástico com o objetivo de minimizar o vandalismo; múltiplas câmeras de monitoramento, analisando cada movimento dos passageiros e, limpeza, particularmente com a possibilidade de encontrar lixo do passageiro anterior e odores desagradáveis. (BROUSSARD, 2018).

Existem muitos estudos que tentam fazer uma previsão do custo de operação dos VAs. Valores que variam de USD 1,2 a USD 0,10 por milha rodada. (LITMAN, 2020). Valores que podem ser menores, quando comparados aos táxis tradicionais que variam de USD 2,00 a USD 3,00 por milha rodada. Segundo Irem *et al.* (2017), os valores podem ser menores que USD 0,10, sugerindo que nesse patamar poderiam ser absorvidos por empresas, como forma de propaganda dos seus produtos ou serviços.

Os VAs poderão proporcionar redução de custos nos transportes de mercadorias ou veículos comerciais, como os ônibus, uma vez que o custo da mão-de-obra tem impacto importante no custo total, mas outros custos não previstos poderão impactar o custo total de transporte de mercadorias.

Congestionamentos

Uma das promessas dos VAs é a redução dos congestionamentos devido ao aumento da capacidade das ruas, estradas e avenidas, proporcionando melhoria do fluxo do tráfego. A conexão entre os VAs reduz a distância entre os automóveis e, conseqüentemente, a capacidade das vias aumenta (SHI e PREVEDOUROS, 2016), como a redução dos acidentes em até 90% é prevista (BERTONCELLO e WEE, 2015), os espaços atuais de segurança podem ser utilizados para aumentar a capacidade das ruas e avenidas atuais.

Os congestionamentos não recorrentes (congestionamentos provocados por acidentes ou mal tempo) têm a previsão de diminuírem com a entrada da tecnologia V2V (veículo conversando com veículo) e veículos conversando com as infraestruturas das estradas é possível diminuir a distância entre os veículos

e aumentar a capacidade total das pistas e das estradas além da velocidade média dos veículos. Alguns especialistas preveem um aumento de até 300% de veículos em uma pista por quilômetro. (DOPART *apud* FEIGENBAUM, 2018).

Através do desenvolvimento de tecnologias de comunicação entre os veículos (V2V) e veículos com infraestrutura (V2I) (COLLINGWOOD, 2017), a inteligência artificial irá gerenciar e distribuir o tráfego, evitando congestionamentos e o aumento da velocidade (YANG *et al.*, 2016). A diminuição dos congestionamentos representa economia, uma vez que os congestionamentos geram custos de 33 bilhões de Libras no Reino Unido. (WEST, 2016). Para o meio ambiente, a diminuição dos congestionamentos, gera redução na queima de combustíveis fósseis – nos EUA, são mais de 3,1 galões em 2014. (SCHRANK *et al.*, 2015). Segundo Mazur e Brandon (2018), apenas com a adoção conjunta dos veículos com zero emissão e VAs, as metas de redução na emissão dos gases Green House Gas – GHS – serão atingidas.

Muitos estudos foram feitos para determinar quantos VAs seriam necessários para cobrir a demanda atual (WEIS e AXHAUSEN, 2009; LITMAN, 2016) – sem levar em conta uma demanda induzida. Um estudo feito pela Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE – (2018) chegou à conclusão de que 10% do total da frota de automóveis é necessário para atender a demanda atual em Lisboa. Um estudo parecido feito por Bischoff e Maciejewski (2016) estima que 10 carros em Berlim podem ser substituídos por 1 VA. Contudo, dependendo do uso individual e da implementação dos VAs, o resultado será o aumento da demanda induzida, da quantidade de VAs nas ruas e da capacidade das ruas e avenidas. (FAGNANT e KOCKELMAN, 2015).

Uma questão de planejamento está na possibilidade de os VAs aumentarem ou reduzirem as viagens totais, assim como seu o impacto nos congestionamentos. Se os VAs forem convenientes, confortáveis e com pouco incidência de impostos e regulamentações, esses veículos poderão gerar mais

viagens individuais, motivando o uso dos VAs por consumidores individuais, resultando em operação economicamente ineficiente: seus benefícios para o usuário serão menores do que os custos incrementais totais. (LITMAN, 2020). Alternativamente, a operação autônoma pode facilitar o compartilhamento de veículos, permitindo que as famílias reduzam a propriedade e as viagens de veículos. Isso sugere que os VAs aumentarão as viagens de veículos em áreas suburbanas e rurais e as reduzirão em áreas urbanas. Seus impactos líquidos dependerão das políticas de desenvolvimento de transporte e uso da terra. Com as políticas atuais, o deslocamento e a expansão de VAs, provavelmente, aumentarão de 10 a 30%. O gerenciamento de estradas que favorece os veículos compartilhados pode reduzir as viagens de veículos e os problemas associados. (LITMAN, 2020).

Inclusão Social

Teremos a inclusão social e econômica de grupos de pessoas que possuem dificuldade de locomoção, tais como, anciãos, deficientes, crianças e jovens que não possuem carteira de motorista. (NIKITAS *et al.*, 2017).

Com o crescimento das plataformas digitais e o acesso de grande parte da população aos serviços digitais e de localização, a integração dos modais existentes poderá ser facilitada pelos deslocamentos chamados de “última milha”, através da disponibilização de VAs compartilhados e inteligentes. (HÖRL *et al.*, 2016).

Poluição

Existem estudos em andamento que afirmam que os VAs possibilitam melhoria na saúde pública e o bem-estar da população, uma vez que a redução dos congestionamentos e seu estresse em conjunto com a redução da poluição favorecem melhor qualidade de vida para as populações das cidades. (VAN SCHALKWYK e MINDELL, 2018).

A tecnologia empregada nos VAs proporciona melhor uso dos breques, assim como fornece acelerações mais eficientes com menor uso da direção. (BULLIS, 2012). Quando o automóvel não for elétrico também é esperada a

redução de emissões, além do aumento no ciclo de vida dos automóveis. (THOMPSON, 2016). Muitas previsões pressupõem que a maioria dos VAs será elétrica, carregada, muitas vezes, de fontes mais sustentáveis de energia, quando comparadas com os combustíveis fósseis. Mas, as baterias, hoje, ainda são caras e a implantação de estações de carregamento, principalmente em estradas, ainda é baixa. São custos iniciais altos, tornando-os semelhantes aos dos veículos movidos a combustível fóssil. (LITMAN, 2020). Esses estudos positivos dos VAs na mobilidade sustentável serão revistos em outros capítulos e adicionados a outras pesquisas que analisam aspectos regulatórios que poderão impactar negativamente a sustentabilidade ambiental, social e econômica de acordo com as decisões do Governo e dos legisladores.

O desenho urbano e a distribuição dos diferentes usos do espaço das cidades influenciam as decisões na mobilidade e até um determinado ponto direcionam qual o formato do sistema de transporte. (CERVERO e KOCKELMAN, 1997). Os potenciais impactos dos VAs na mobilidade sustentável poderão ser relevantes. Mas, poderão ser maximizados ou minimizados de acordo com os modelos de implementação e das regulamentações governamentais que surgirão.

1.6 FUTUROS CENÁRIOS DE IMPLEMENTAÇÃO DOS VEÍCULOS AUTÔNOMOS

A implementação dos VAs, por ser uma tecnologia nova e inovadora, tem o fator humano como barreira de sua maior ou menor adesão, principalmente no início de sua disponibilidade. Em pesquisa anual da American Automobile Association – AAA (2019), 71% dos entrevistados teriam medo de fazer um percurso em um automóvel totalmente autônomo. Em outra pesquisa, a CarGuru (2018) identificou que, entre o grupo de pessoas ansiosas para usar um VA, 81% dos entrevistados colocam a segurança como maior preocupação, 47% têm a percepção de que a tecnologia ainda não está pronta e 45% têm preocupação em saber quem é o responsável na eventualidade de um acidente.

A adesão dos VAs pelas pessoas passa por algumas perspectivas teóricas. Uma das teorias é a Perspectiva Multinível (Multi-Level Perspective – MLP). Geels (2005 e 2012) usa a MLP para explicar a transição de um sistema de transporte dominante para outro, levando em consideração impactos que ocorrem no cenário das cidades, tais como, a evolução da tecnologia móvel e dos TICs (Tecnologias de Informação e Comunicação) no estilo de vida das pessoas ou na agenda cada vez mais importante de proteção do meio ambiente, sistemas de geração de energia e mobilidade. Segundo essa teoria, a transição ocorre em quatro fases. (GEELS, 2005):

- A inovação acontece inicialmente em ambientes controlados, em nichos, com acesso limitado;
- Em pequenos mercados com uma solução definitiva (por exemplo, nos estacionamento de aeroportos ou na área hoteleira de Las Vegas (acumulando casos de sucesso para despertar a atenção de governos e empresas);
- Em seguida, a inovação é empregada em múltiplos e diferentes cenários, gerando um mercado favorável que já compete com o sistema dominante e,
- A última fase é a substituição gradual, mas consistente da inovação pelo sistema anterior, no qual o novo regime sociotécnico-econômico se estabelece.

Um outro modelo é o Modelo de Aceitação Tecnológica (Technology Acceptance Model – TAM), desenvolvido por Davis *et al*, (1989) para analisar a aceitação dos computadores. Essa teoria usa uma série de análises em relação à utilidade, percepção da facilidade de uso, experiências, entre outros fatores, para gerar as explicações e hipóteses de adoção de novas tecnologias.

No início, apenas as pessoas com grande interesse em novas tecnologias seriam atraídas pelos VAs, mas, conforme os custos dos VAs caíam, sua oferta aumente e a percepção de utilidade cresça, mais e mais pessoas se interessarão. O resultado será crescimento no uso dos VAs em

detrimento de outros meios de transporte (CHEN, 2015 e MOSQUET *et al.*, 2015).

O relatório de Begg (2014) analisou a cidade de Londres e indica que quando o nível 4 de automação tornar-se realidade, será possível utilizá-lo em linhas de ônibus com pouco movimento de passageiros, assim como os ônibus em corredores exclusivos poderão ser autônomos. Segundo o relatório do Boston Consulting Group⁴ (MOSQUET *et al.*, 2015), a adesão e disseminação dos VAs depende da aceitação do público, regulamentação pelos governos, legisladores e setores da economia afetados pelos VAs, tais como, motoristas de táxi e ônibus.

Segundo o estudo da KPMG (2012), foram identificados quatro novos modelos de negócios que transformarão a indústria automobilística, devido implantação dos VAs:

- Estilo de vida voltado para experiência com marcas de VAs, gerando ecossistema automotivo voltado às marcas e ao estilo de vida;
- Sistema de uso dos VAs é aberto e a receita é proveniente de serviços agregados de informações e experiências;
- Mobilidade sobre demanda, na qual o compartilhamento dos VAs domina o mercado e,
- Modelo atual no qual os fabricantes de veículos dominam a venda ou o serviço de compartilhamento dos VAs

Pesquisamos alguns artigos que preveem cenários de implementações, dos VAs. As previsões de Todd Litman são razoáveis e atuais, uma vez que seu artigo, **Autonomous Vehicle Implementation Predictions: Implications for Transport Planning** (Previsões de Implementação dos Veículos Autônomos para o Planejamento de Transportes), preconiza que os VAs serão seguros e confiáveis até 2025. Alguns anos mais serão necessários para testes e aprovações regulamentares, portanto, até 2030, os VAs podem estar

⁴ Relatório produzido em colaboração com o World Economic Fórum, com participação de executivos sênior da indústria automobilística e empresas de seguro.

comercialmente disponíveis e autorizados a operar em muitas áreas, previsão que não inclui o Brasil devido ao nosso atraso em iniciar testes, estudar nossas regulamentações e rever legislações.

Se a efetivação dos VAs seguir o padrão das tecnologias veiculares anteriores, durante os anos 2030 e, provavelmente, 2040, os VAs serão caros e de desempenho limitado, às vezes incapazes de chegar a um destino desejado ou exigindo intervenção humana quando se deparam com situações inesperadas. Os principais clientes incluirão motoristas que usam os veículos por muitas horas e empresas que usam veículos para transportar equipamentos e mercadorias. No futuro, a maioria das famílias de renda moderada e baixa continuarão a usar veículos operados por humanos. Possivelmente, somente na década de 2050 os VAs privados serão acessíveis à maioria dos motoristas de renda média e baixa.

COMENTÁRIOS FINAIS

Estamos passando por uma transição para novas formas de viver nas cidades – e os VAs serão grande força motriz. Cabe aos planejadores de cidades, formuladores de políticas, *designers* urbanos e engenheiros, usar essa inovação tecnológica a nosso favor, combinando mobilidade eficiente e experiência urbana mais segura e agradável.

Neste capítulo, apresentamos em detalhes a complexidade para um VA começar a rodar nas ruas. A abordagem do início dessa trajetória nos permite compreender a resiliência de muitos em fazer do sonho a motivação sem limites. A tecnologia envolvida na viabilidade dos níveis de automação 4 e 5 é desafiadora, uma vez que inclui o uso de Inteligência Artificial (IA), ou seja, envolve experimentações e milhares de interações do automóvel, do meio ambiente, pedestres, semáforos e muitas outras variáveis que impactam os movimentos dos VAs.

Uma vez que não precisamos mais de um motorista para controlar o veículo, podemos pensar nos VAs como plataformas móveis – alguns transportando pessoas, outros entregando mercadorias, cumprindo a lei e

executando outros serviços públicos. Os VAs, como plataforma de comunicação, podem promover mudanças infraestruturais nas cidades. Hoje, todo o ecossistema envolvido na mobilidade será impactado. As rotinas das cidades e das pessoas deverão se adaptar para viabilizar sua implementação e minimizar os riscos descritos neste capítulo. Os benefícios parecem ser promissores. Possibilitam evoluirmos para uma mobilidade sustentável, como descrita no Plano Nacional de Mobilidade Urbana – PNMU – de 2012. Combinar VAs com mobilidade compartilhada também apresenta grandes oportunidades em *design* urbano. Por um lado, poderia liberar enormes áreas atualmente dedicadas aos estacionamentos. Em constante comunicação e troca de dados entre os VAs e as infraestruturas urbanas, as técnicas de aprendizado de máquina permitem que os VAs circulem, quando não utilizados, para otimizar os tempos de espera das próximas viagens previstas. Liberar cidades de estacionamentos pode ajudar os planejadores de cidades a propor usos mais nobres, tais como, parques, habitações sociais e áreas de uso misto.

Como veremos no capítulo a seguir, muitas decisões e direcionamentos precisam do aval dos Governos e legisladores que deverão pavimentar o caminho para um VA que atenda todas as classes sociais, melhore a vida e o bem-estar dos habitantes de cidades cada vez mais caóticas, além da diminuição dos impactos no meio ambiente.

2. A MOBILIDADE SUSTENTÁVEL INSERIDA NAS CIDADES INTELIGENTES E OS DESAFIOS JURÍDICOS DOS VEÍCULOS AUTÔNOMOS

A evolução da tecnologia que automatiza os veículos está cada vez mais rápida e o que parecia ficção científica está prestes a se transformar em realidade: veículos autônomos circulando por algumas cidades do mundo. Esse ritmo rápido de mudanças coloca pressão em governos e legisladores para já começar a trabalhar ativamente em políticas e padrões que definirão o futuro do impacto dos VAs nas cidades e, assim, evitar consequências indesejadas decorrentes de políticas desatualizadas. (ZON e DITTA, 2016).

A viabilidade dos VAs passa por exame dos riscos e impactos associados a essa nova tecnologia. Neste capítulo, iniciamos com uma análise da definição de mobilidade sustentável e a evolução da legislação que instituiu a PNMU, que tem, entre suas diretrizes, priorizar os modos de transporte não motorizados, dos serviços de transporte público coletivo sobre o transporte individual motorizado. Grandes metrópoles brasileiras e seu crescimento desordenado desencorajam o uso de veículos não motorizados e demandam investimentos importantes nos modais de transportes. A dispersão das moradias para o subúrbio, desde a metade do século passado, possibilitada em grande parte pelo crescimento de veículos motorizados e pela expansão da infraestrutura do transporte de passageiros. (APEL *apud* HEINRICHS, 2015).

A implementação da direção automatizada irá mudar completamente o sistema de transporte atual (CYGANSKI *et al.*, 2015), incorporando novos modais de transporte, tais como, serviços compartilhados sob demanda de serviços (SKINNER e BIDWELL, 2016), além de afetar os domínios do planejamento das cidades.

Com as novas tecnologias surgem riscos que repercutem no cotidiano das pessoas e no planejamento das cidades inteligentes. Faremos uma análise desses riscos que impactam a segurança dos indivíduos, sejam eles passageiros ou pedestres. Uma vez que o motorista é inexistente, a identificação dos responsáveis em eventuais falhas ou acidentes precisam ser

definidas na legislação. O papel das seguradoras sofrerá mudanças, uma vez que a redução dos acidentes poderá reduzir os prêmios. Os VAs estarão sempre conectados à *internet* e GPS que processam milhões de dados, gerando riscos de quebra de privacidade, além da definição de novos padrões de segurança cibernética.

2.1 DEFININDO A MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL

A cada dia a força da industrialização provoca questionamentos sobre o desenvolvimento tecnológico desenfreado. Essas reflexões envolvem ideias relacionadas ao crescimento sustentável. O conceito de desenvolvimento sustentável teve o início de suas discussões em 1968, no Clube de Roma, e seus estudos foram publicados em 1972, com o título **The Limits to Growth** (Limites do Crescimento) que vendeu mais de 30 milhões de cópias. Cúpulas e conferências foram realizadas no final do século XX e início do século XXI, passando pela RIO-1992 que resultou na formulação da Agenda 21, na qual 179 países assumiram compromissos com a mudança da matriz de desenvolvimento do século XXI, promovendo um modelo que predominasse o equilíbrio ambiental e justiça social.

Os conceitos sobre sustentabilidade e desenvolvimento sustentável possuem mais de 160 definições (VAN BELLEN, 2006). Uma definição simples e direta foi elaborada pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (WCED, sigla em inglês) da ONU, em 1988, diz:

(...) desenvolvimento sustentável é um processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender as necessidades e aspirações futuras ... é aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades. (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1988, p. 46).

A mobilidade com desenvolvimento sustentável tornou-se o objetivo de muitas nações. Existem algumas definições abordadas pela Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico. Já a Comissão Mundial sobre o

Meio Ambiente e Desenvolvimento definiu a mobilidade como o trânsito de pessoas, bens e serviços. (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1988). Já Pontes (2010) afirma que a mobilidade está relacionada à liberdade de se movimentar e às possibilidades de acesso aos meios necessários de transportes para tal. A união entre desenvolvimento econômico, preservação do meio ambiente e o bem-estar social é abordada na definição de Motta:

A mobilidade sustentável é uma forma de mobilidade que promova mudança de paradigma no planejamento dos transportes, capaz de se manter ao longo do tempo sem que suas atividades prejudiquem a saúde humana, o meio ambiente e o bem-estar social, promovendo o desenvolvimento econômico, a eficiência da aplicação dos recursos no setor de transporte e os meios de transporte não motorizados. (MOTTA, 2012, p.).

2.2 MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL NO BRASIL E SUA COMPLEXA LEGISLAÇÃO REGULATÓRIA

No Brasil, desde a década de 1970, as políticas urbanas, trânsito e mobilidade não tiveram atenção dos governos e legisladores, seja por crises políticas ou crises fiscais, resultando em diferentes responsáveis, transitando de ministérios para secretarias sem apreço para o planejamento de longo prazo, diante da crescente urbanização das cidades brasileiras.

No final da década de 1980, quando foi proclamada a Constituição Brasileira, a competência de tratamento dos transportes urbanos passou para a competência dos executivos locais. Em 2001, foi promulgado o Estatuto da Cidade (Lei Federal nº 10.257/2001) que teve o objetivo de regulamentar os artigos 182 e 183 do capítulo da Política Urbana da Constituição Federal.

O Estatuto da Cidade determinou que todos os municípios com mais de 20 mil habitantes precisam elaborar o Plano Diretor que orienta o planejamento urbano dos municípios nos objetivos de uso justo e ecologicamente equilibrado do território municipal. (SENADO FEDERAL, 2008). O Estatuto das Cidades estabelece ainda que os planos diretores precisam ser revistos, pelo menos, a cada 10 anos. Esse mesmo Estatuto estabelece, apenas para os municípios com mais de 500 mil habitantes, a obrigatoriedade da elaboração de um plano

de transporte urbano compatível com o plano diretor. (SENADO FEDERAL, 2008). Mas, somente através das diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU), instituída pela lei federal Lei nº12.857, de 3 de janeiro de 2012, foi estabelecida a obrigatoriedade para todos os municípios brasileiros com mais de 20 mil habitantes a elaboração de um Plano de Mobilidade Urbana – PMU – integrado e compatível com os respectivos planos diretores ou inseridos neles. E sempre “obedecendo ao arcabouço jurídico brasileiro” (FERREIRA, 2015) com as leis, conforme quadro a seguir.

Quadro 2 – Arcabouço Jurídico Associado ao PMU

Instrumento	Descrição
Lei Federal 10.257/2001	Estatuto da Cidade (regulamenta instrumentos do Plano Diretor Municipal)
Lei Federal 10.098/2000	Acessibilidade
Lei Federal 13.089/2015	Estatuto da Metrópole
Norma da ABNT (9050)	Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos

Fonte: Elaborado com base em FERREIRA, 2015.

O PMU leva em consideração as tendências do desenvolvimento urbano e a dinâmica específica de cada cidade, obedecendo a sequência lógica de atividades com respeito a princípios técnicos, participação social e sustentabilidade urbana. Esses planos estabelecem o planejamento da mobilidade através dos seguintes princípios:

- Diminuir a necessidade de viagens motorizadas, posicionando melhor os equipamentos sociais, descentralizando os serviços públicos, ocupando os vazios urbanos, favorecendo a multicentralidade, como formas de aproximar as oportunidades de trabalho e a oferta de serviços dos locais de moradia;
- Refletir sobre o desenho urbano, planejando o sistema viário como suporte da política de mobilidade, com prioridade para a segurança e a qualidade de vida dos moradores em detrimento da fluidez do tráfego de veículos.

- Repensar a circulação de veículos, priorizando os meios não motorizados e de transporte coletivo nos planos e projetos, em lugar da histórica predominância dos automóveis, considerando que a maioria das pessoas utiliza esses modos para seus deslocamentos e não o transporte individual.
- Desenvolver os meios não motorizados de transporte, passando a valorizar a bicicleta, como meio de transporte importante, integrando-a com os modos de transporte coletivo.
- Reconhecer a relevância do deslocamento dos pedestres, valorizando o caminhar como modo de transporte para a realização de viagens curtas e incorporando definitivamente a calçada como parte da via pública, com tratamento específico.
- Reduzir os impactos ambientais da mobilidade urbana, uma vez que toda viagem motorizada que usa combustível, produz poluição sonora, atmosférica e resíduos.
- Propiciar mobilidade às pessoas com deficiência e restrição de mobilidade, permitindo o acesso dessas pessoas à cidade e aos serviços urbanos.
- Priorizar o transporte público coletivo no sistema viário, racionalizando os sistemas, ampliando sua participação na distribuição das viagens e reduzindo seus custos, bem como desestimular o uso do transporte individual.
- Promover a integração dos diversos modos de transporte, considerando a demanda, as características da cidade e a redução das externalidades negativas do sistema de mobilidade.

O Brasil, com o crescimento acelerado das cidades nas décadas de 1980 e 1990, não foi eficiente em planejar suas cidades:

(...) esse padrão de mobilidade baseado no uso intensivo de transporte motorizado individual que acarreta uma série de externalidades negativas para as cidades, com destaque para os problemas ambientais, as perdas de tempo com os congestionamentos urbanos e o aumento dos acidentes de trânsito. (IPEA, 2011, p. 4).

Segundo documento do Governo Federal brasileiro, apesar dessa demora em definir a questão da sustentabilidade do desenvolvimento urbano local, a PMU fixou através de esforços governamentais e da sociedade, uma política urbana coerente com os princípios da sustentabilidade, pela preocupação em estabelecer um modelo de circulação que supere aquele voltado para o transporte motorizado rodoviário e individual, com a degradação do meio ambiente e aumento do número de vítimas de acidentes de trânsito. (BRASIL, 2007).

A responsabilidade civil no direito automobilístico brasileiro pode emanar de diferentes fontes. Em primeiro lugar, se faz necessário ressaltar que não há um campo próprio de responsabilidade jurídica no trânsito, mas, sim, casos específicos das regras gerais de responsabilidade civil que se materializam no ambiente de trânsito e que, por isso, demandam solução especializada. Dessa forma, a fonte principal do dever de reparar danos ocorridos no trânsito são as regras gerais de Direito Civil que emanam da Constituição Federal e do Código Civil e que estipulam o quadro jurídico-conceitual básico para a apuração da responsabilidade civil.

Além das regras gerais do Direito Civil, existem regras específicas sobre responsabilidade automobilística no Código Civil de 2002 em seus art. 730 e ss., em que se disciplinam as normas aplicáveis ao contrato de transporte. Esse contrato de adesão é a principal fonte contratual de responsabilidade civil no trânsito e tem grande campo de aplicação, visto que é firmado sempre que ocorre o transporte oneroso de pessoas ou coisas. (GONÇALVES, 2011).

É possível que certos instrumentos legais se tornem obsoletos com o advento da tecnologia de veículos autônomos, pois a gestão de risco associado ao comportamento de *softwares* pode acabar se mostrando inteiramente diferente da gestão de risco associado à conduta de um motorista humano.

Apesar de a fonte de obrigações de responsabilidade automobilística provir majoritariamente das bases contratuais ou legislativas gerais, as balizas concretas de maior aplicação para a aferição de responsabilidade automobilística costumam ser os regulamentos direcionados aos participantes

do trânsito, principalmente os condutores de veículos, mas também transeuntes, passageiros e outros participantes. Nessa área, as normas costumam se concentrar em tratados internacionais, legislação interna e regulamentação administrativa. Os principais tratados internacionais relativos ao assunto no Brasil, são: a Convenção de Viena sobre o Trânsito Viário, promulgada no Brasil pelo Decreto n. 86.714, de 10 de dezembro de 1981, e o Protocolo de São Luiz sobre Matéria de Responsabilidade Civil Emergente de Acidentes de Trânsito entre os Estados-Partes do Mercosul, promulgado pelo Decreto n. 3.856, de 3 de julho de 2001.

Por sua vez, a legislação tende a se concentrar quase que inteiramente no Código de Trânsito Brasileiro (CTB), Lei n. 9.503, de 23 de setembro de 1997, e mesmo a legislação específica sobre o assunto tende a buscar alterar o próprio CTB ao invés formar regramentos esparsos que são comuns em outras áreas do Direito (como por exemplo, no Direito Penal). O CTB institui, ainda, a competência de entidades governamentais responsáveis por fazer o trânsito em vias públicas funcionar, compostas por órgãos federais (como por exemplo, o Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN, Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN, Polícia Rodoviária Federal), estaduais (como por exemplo, Conselhos Estaduais de Trânsito – CETRANS, Polícias Militares) e municipais (prefeituras), conhecidas coletivamente como Sistema Nacional de Trânsito (SNT) que emite a maioria das normas administrativas de regulamentação do trânsito. (PARIZATTO, 2011).

A legislação brasileira de trânsito foi criada em um contexto no qual não existiam carros autônomos, portanto, necessita de adequações a fim de que a utilização de veículos nos quais o motorista não esteja no controle seja possível e segura. Em regra geral, em território nacional, o motorista é punido por usar equipamentos (como por exemplo, o telefone celular) que tirem a atenção de sua tarefa de guiar o veículo em segurança ou, ainda, por se apresentar em condições físicas e psíquicas que não permitem a condução em segurança, como dirigir embriagado.

A primeira questão urgente que se apresenta é o cenário de insegurança jurídica para o tráfego de veículos autônomos. Há a necessidade

de manifestação do Estado brasileiro a fim de que a legislação vigente, bem como a regulação que lhe dá suporte, seja explícita na permissão do uso de tecnologias que deem assistência ou que automatizem a tarefa de direção. Para tanto, o Congresso Nacional deve ser instado a ratificar a emenda feita à Convenção de Viena para que carros autônomos sejam considerados lícitos. O cenário de insegurança jurídica é especialmente preocupante para os projetos de pesquisa e desenvolvimento já conduzidos em território nacional.

O programa brasileiro de eficiência e segurança de veículos “Rota 2030” (Lei 13.755/18), lançado em 2018, oferece incentivos para a migração dos tipos de motores tradicionais para motores híbridos ou elétricos. Em outubro de 2019, ocorreu o lançamento de uma pequena frota de veículos elétricos Renault Twizy, juntamente com estações de recarga em Brasília, permitindo que os servidores públicos viajem entre prédios do governo de maneira mais econômica e com menor emissão de carbono.

O governo do Brasil tem feito pouco para incentivar a adoção de veículos autônomos, o que se reflete na sua posição inferior dos *rankings* do AVRI (Autonomous Vehicles Readiness Index – Índice de Prontidão dos VAs), como veremos mais em detalhes no último capítulo. Apesar do entusiasmo por novas tecnologias e serviços, como os aplicativos de transporte, ainda não vemos nenhuma política pública em torno da criação de vias para os veículos autônomos começarem a operar nas cidades (KPMG, 2020).

2.3 OS DESAFIOS NO PLANEJAMENTO DAS CIDADES INTELIGENTES

Para construir uma cidade inteligente torna-se necessário atender demandas por serviços adequados aos cidadãos, assim como empreender novas abordagens para o planejamento, projeto, financiamento, construção, gestão e operação de infraestruturas urbanas. (HARRISON e DONNELLY, 2011). Deve-se pensar em soluções que enfrentem, simultaneamente, os desafios e a dinâmica das cidades modernas que envolve a mobilidade, a sustentabilidade e a sociodiversidade (SOUZA e SILVA NETO, 2020).

Planejar e implementar os serviços são exercícios complexos, uma vez que, geralmente, as receitas governamentais chegam depois das demandas

ou, em pior caso, são equivocadamente destinadas. (NAM e PARDO, 2011). O cenário é mais desafiador quando consideradas as restrições de natureza legal-institucional e econômica, especialmente quanto à destinação de recursos públicos para o desenvolvimento, assim como pela competição global por investimentos mais agressiva entre as regiões, cidades e metrópoles. (WEISS *et al.*, 2017). O estágio de evolução de cada cidade difere em função do seu ponto de partida e das demandas da cidadania local. Ainda assim, destacam-se quatro estágios de evolução rumo à implantação de uma cidade inteligente, conforme quadro a seguir (CUNHA *et al.*, 2016):

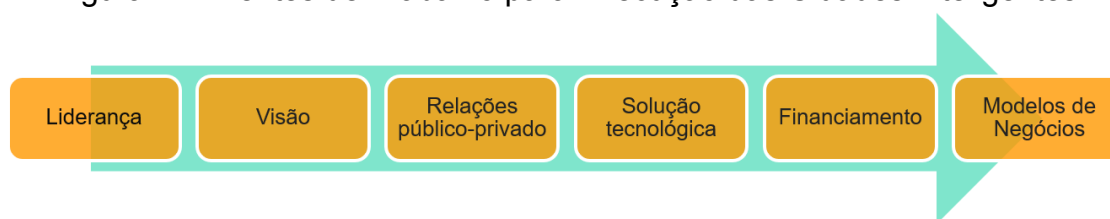
Quadro 1 – Fases da Implantação de uma Cidade Inteligente

Fase	Descrição
Vertical	Se aplica tecnologia aos serviços urbanos para melhorar sua gestão.
Horizontal	Se desenvolve uma plataforma de gestão transversal dos diferentes serviços.
Conectado	Os diversos serviços verticais interconectam-se e começam a operar em uma plataforma de gestão.
Inteligente	Se gerencia a cidade de forma integrada e em tempo real, e se oferece informação e serviços de alto valor agregado a cidadãos e empresas. Baseia-se na inteligência compartilhada por todos os atores da cidade, sendo a plataforma da cidade um facilitador das soluções colaborativas.

Fonte: CUNHA *et al.*, 2016

Para conseguir avançar nos estágios de implementação de cidades inteligentes, é necessário superar diferentes barreiras. Cada cidade terá seu próprio rol de desafios, em função de sua identidade, história, geografia e cultura. Mas, identifica-se um conjunto de problemas comuns. Os especialistas apontam seis frentes de trabalho para passar da estratégia à execução, conforme mostrado na **Fig. 4**:

Figura 4 – Frentes de Trabalho para Execução das Cidades Inteligentes



Fonte: Elaborado com base em DELOITTE, 2019.

A inovação tecnológica torna-se protagonista no contexto do futuro das cidades. As tecnologias da informação e da comunicação (TIC) assumem papel de grande importância, na medida em que podem fornecer os meios para o monitoramento e o gerenciamento dos serviços e recursos das infraestruturas urbanas, além das possibilidades de encurtar as distâncias entre o poder público e os cidadãos, por meio de serviços eletrônicos pela *internet* (MEIER et al., 2011) que têm se tornado o principal e mais relevante canal de comunicação da sociedade contemporânea (PALLOT et al., 2011).

O objetivo é assegurar uma liderança clara e uma gestão com capacidade de execução. Os especialistas concordam na liderança essencial do prefeito, que define a agenda e aloca recursos. Também é preciso promover uma gestão mais transversal que facilite as sinergias entre serviços, e uma governança ancorada na sociedade, que se sustente para além do tempo de uma gestão municipal (CUNHA et al., 2016).

As cidades inteligentes são uma evolução do cenário que temos atualmente, mudando o foco para uma orientação a serviços, de desenvolvimento socioeconômico e de um fenômeno global (NAM e PARDO, 2011) em que se busca não a substituição das estruturas físicas, mas a harmonização entre o mundo material com o mundo virtual, integrando os atores que atuam nas cidades em suas características particulares e da proximidade saudável das cidades. (TOPPETA, 2010).

A cidades inteligentes são marcadas pela busca incansável de soluções, digitais e inovadoras. O intuito é resolver problemas sociais, de mobilidade, ambientais (WHITE, 2016), entre outros, que permeiam as cidades de um país

subdesenvolvido, como o Brasil. Essas dificuldades precisam ser analisadas pelos governos, sociedade e legisladores para que as soluções sejam reais e não desperdicem os limitados orçamentos.

2.4 NOVOS RISCOS PROVENIENTES DAS CIDADES INTELIGENTES

As tecnologias que compõem as soluções para as cidades inteligentes sugerem reduzir a incertezas e os riscos através de soluções capazes de oferecer serviços com qualidade e sustentabilidade, apesar de gerar novas vulnerabilidades e ameaças, tornando a prestação dos serviços governamentais e a infraestrutura à disposição da população insegura. (KITCHIN e DODGEB, 2019).

A literatura e as notícias mostram que por séculos, desde a formação das sociedades urbanas, existiu atividade criminal e tentativas de fraudar, atacar a infraestrutura dos serviços públicos. (EVANS e HERBERT, 1989). E, conseqüentemente, a proteção para defender e limitar esses ataques faz parte da história através de soluções na arquitetura das cidades com construção de muros, portas reforçadas, paredes altas entre outras, além das soluções atuais como alarmes, sistemas de câmeras. (MANAUGH, 2016).

A história também mostra que todos os aparatos de segurança possuem vulnerabilidades e os criminosos são rápidos e investem recursos para superar esses obstáculos e cometer crimes colocando, muitas vezes, a segurança de milhares de pessoas em risco ainda mais quando falamos em cidades populosas. (KITCHIN e DODGEB, 2019).

Grande parte das tecnologias das cidades inteligentes tem como base uma rede digital de computadores, realidade que proporciona ataques à distância e anônimos que reduzem as chances de detecção e prisão dos autores em tempo de reduzir os impactos das invasões. Adicionando, os *hackers* estão cada vez mais ousados e criativos devido ao uso *softwares* e ferramentas automatizadas para atacar múltiplos alvos simultaneamente e afetar várias cidades. (BELLOVIN, 2016).

Os VAs representam inovadora tecnologia com riscos envolvidos na sua implantação e aceitação pela sociedade como uma solução segura e de baixo risco. Identificamos quatro riscos tecnológicos associados aos VAs que serão analisados a seguir, entre eles, destacamos: a segurança, responsabilidade civil, privacidade e segurança cibernética.

Segurança: conforme falamos anteriormente, estima-se que 90% dos acidentes com veículos são causados por erro humano (NHTSA, 2015a; SMITH, 2013; SUN *et al.*, 2016). Levando em consideração essa estimativa, mesmo reduções menores nos acidentes, poderá reduzir os acidentes e, conseqüentemente, as mortes. Mas, os VAs trazem outras preocupações de segurança, tais como, a redução do uso dos cintos e a sensação de segurança nas ruas podem reduzir a atenção os pedestres, quando andam ou passeiam pelas calçadas. (COLLINGWOOD, 2017 e LITMAN, 2017).

Mas, a redução e, possível, eliminação do erro humano não significa que os VAs não poderão errar. Como o uso intensivo de tecnologia e sua complexidade aumentam as chances de erros técnicos aumentam e podem comprometer a segurança dos VAs. Existem preocupações em como será programado o “algoritmo de acidente”, quando um acidente inevitável estiver prestes a acontecer. (COCA-VILA, 2018). Quando um acidente com VA acontece parece não ter um “culpado” pelos danos causados e isto mostra que é necessário ter regras e leis que deverão lidar com dilemas morais. (COCA-VILA, 2018).

Nesse contexto, os algoritmos priorizam a segurança dos ocupantes dos automóveis e reforçam o benefício dos VAs. (COCA-VILA, 2018). Os algoritmos podem ser programados para o máximo de benefício social através de estudos e estatísticas, mesmo assim esse assunto precisa de muita discussão para ser legitimado pelos governos e legisladores.

Responsabilidade civil: atualmente, quando um acidente acontece, o motorista possui o controle do automóvel e assume a responsabilidade de decidir seu rumo e suas conseqüências. Mas, nos VAs os motoristas não estão

mais no controle. E não está claro ainda se parte dessa responsabilidade será dividida com os terceiros envolvidos nos sistemas de segurança, *design* dos automóveis, fabricantes dos veículos, operadores dos *softwares* ou dos desenvolvedores dos algoritmos. (PINSENT, 2016).

A legislação atual não leva em consideração a responsabilidade dos programadores de *software* no *design* de algoritmos que decidem sobre a sobrevivência ou a morte, afetando preocupações éticas que irão à realidade dos VAs (FLEETWOOD, 2017 e PINSENT, 2016). Esse ponto é importante discussão que precisa ser analisada pelos legisladores e pelos governos.

Privacidade: a tecnologia que viabiliza a operação e segurança dos VAs tem como base sensores, mapas de alta resolução, conexão com a *internet* e outras que a cada milissegundo captam informações (WEST 2016 e DHAR 2016). Ainda não está claro quem controla o acesso, permissões de acesso enquanto essas informações estão armazenadas.

As comunicações V2V e V2I transmitem e recebem dados a todos os momentos para gerar mais segurança na condução dos VAs, mas expõe a localização geográfica e o movimento dos veículos e das pessoas que estão dentro dele com as redes a todos os momentos. (GLANCY, 2012).

Todas essas “big datas” de informações podem ser acessadas por pessoas ou empresas que podem ter intenções maliciosas e expor os indivíduos a riscos e manipulações. (GLANCY, 2012).

Segurança Cibernética: a quantidade de informações armazenadas e transmitidas pelos VAs é grande e, conseqüentemente, atrativo aos *hackers*, uma vez que esses dados e informações podem ser vendidos ou usados de maneira ilegal (LEE, 2012). Em 2013, um Chrysler Jeep foi *hackeado* através da conexão de *internet* e os *hackers* assumiram o acelerador e os freios do veículo nos EUA. As possibilidades de acessos maliciosos nos sistemas dos VAs, alguns exemplos são manipulação dos sensores para desorientar seus

sistemas, interferências nos radares, entre outros, que podem resultar em acidentes graves.

COMENTÁRIOS FINAIS

A cada fenômeno da natureza que destrói casas, bairros e coloca a vida das pessoas em risco – em muitos casos, ocasiona mortes - a primeira reação é culpar o homem, as intervenções no meio ambiente e aumento da temperatura média do planeta. A redução na emissão de gases e no uso de combustíveis fósseis são medidas cobradas aos países em desenvolvimento e aos desenvolvidos. Nesse contexto, a busca por uma cidade inteligente e sustentável está nos discursos de muitos países, mas poucos conseguiram viabilizar um plano capaz obter crescimento econômico sem prejudicar a saúde, o meio ambiente e o bem-estar social.

Mostramos neste capítulo que o desafio de implementar uma cidade inteligente e sustentável precisa levar em conta seu próprio rol de desafios, em função de sua identidade, história, geografia e cultura. A velocidade das inovações gera pressão nos reguladores, legisladores e acadêmicos. Eles devem considerar como a lei deve responder às tecnologias emergentes – um desafio centrado na necessidade de equilibrar, simultaneamente, a segurança pública e fatores sociais, econômicos e ambientais.

O plano atual brasileiro de mobilidade urbana (PMU) tem como objetivos: diminuir a necessidade de viagens motorizadas; priorizar os meios de transporte não motorizados, favorecendo o deslocamento com bicicletas, a pé, e transporte coletivo e, integrar os modais de transportes para facilitar a mobilidade, reduzindo o impacto ambiental

A implementação dos VAs, além de ser um desafio tecnológico, é uma empreitada jurídica, uma vez que altera o *status* do motorista e transfere a responsabilidade do deslocamento para novos atores. Adicionalmente, existem novos riscos relacionados à segurança, responsabilidade civil, privacidade e segurança cibernética. Esses também devem ser endereçados. Devem ser

obtidas as respostas consistentes para a confiabilidade dessa nova tecnologia. Ainda que existam lacunas na legislação atual, precisamos criar condições especiais para testes e adequações à realidade brasileira. Assim, os benefícios que envolvem o uso dos VAs serão maiores que os riscos que esses trazem.

3. ANÁLISES DE EXPERIÊNCIAS ANTERIORES NA IMPLEMENTAÇÃO DE INOVAÇÕES NO TRANSPORTE BRASILEIRO E A IMPORTÂNCIA DO PROTAGONISMO DO GOVERNO NA IMPLEMENTAÇÃO DOS VEÍCULOS AUTÔNOMOS

As regulamentações governamentais e definições de padrões, gerados por equipe de estudiosos, após amplos estudos e testes são as ferramentas para a proteção, segurança, saúde e preservação do meio ambiente. As regulamentações são requerimentos obrigatórios desenvolvidos pelos legisladores. São leis detalhadas, impostas e fiscalizadas pelos governos (ANDERSON *et al.*, 2016). Já os padrões ou modelos são critérios desenvolvidos por estudos repetitivos que especificam a concepção e o desempenho de um produto. Os padrões podem ser adotados voluntariamente por indústrias ou outros setores da economia. Em alguns setores, adotam-se modelos avalizados por universidades ou cientistas. A comprovação científica dá apoio à proteção de ações judiciais, quando de um incidente – mesmo que tal padrão não tenha sido regulamentado pelos governos.

Em 2007, a Sociedade Internacional de Engenheiros Automotivos definiu os padrões de conforto, ajustes e conveniência para os cintos de segurança nos ônibus e caminhões. Esses padrões podem ser seguidos ou não pelas indústrias automotivas, uma vez que não existe regulamentação governamental que force o emprego desses padrões. (ANDERSON *et al.*, 2016). Dependendo da atuação dos governos, alguns aspectos jurídicos influenciam positivamente ou negativamente a implementação dos VA. Para fazermos um paralelo, analisamos o uso dos *airbags* nos EUA, desde sua concepção até sua obrigatoriedade. Ou ainda, para mostrar a dificuldade da legislação brasileira em lidar com novas tecnologias, apresentamos o estudo de caso que descreve a implantação dos transportes alternativos (*vans* e *kombis*) e a experiência confusa das patinetes elétricas nas grandes capitais.

No final do capítulo, apresentamos o porquê do acompanhamento dos governos e legisladores na implementação dos VAs, mostrando os impactos negativos do atraso na sua concepção e implementação.

3.1 ESTUDO DE CASO SOBRE A EVOLUÇÃO DA OBRIGATORIEDADE DOS AIRBAGS NOS VEÍCULOS

A lei que obrigou todos os automóveis a adotar o *airbag*, de alguma forma, relaciona-se às condições dos VAs. Entre as relações possíveis, está o fato de que o acionamento automático dos airbags ou sua falha pode transferir a responsabilidade do acidente e suas consequências dos motoristas às montadoras de veículos. (ANDERSON *et al.*, 2016).

Em meados da década de 1970, o *airbag* foi implementado em veículos de luxo apenas. (MACKAY, 1991). Inicialmente, esses equipamentos foram comercializados como alternativa aos cintos de segurança e não como complemento a esses. (WETMORE, 2004). À época, o uso dos cintos de segurança tinha baixa aceitação. Na perspectiva que o *airbag* iria substituir os cintos de segurança, a Agência Reguladora Americana do Ministério dos Transportes (NHTSA-USDOT) iniciou o processo de regulamentação para obrigar todos os veículos a adotar o *airbag*. Essa regulamentação gerou um impasse com a indústria automotiva que não queria a responsabilidade legal pelas mortes causadas pelos acidentes. Debates e disputas judiciais ocorreram por todo os EUA. (WETMORE, 2004).

Em 1984, o Ministério dos Transportes Americano (USDOT) aprovou uma lei, obrigando que todos os veículos produzidos após 1990 deveriam ter algum tipo de sistema passivo de segurança (*airbag* ou cinto de segurança de ação automática). (WETMORE, 2004). Em 1991, essa lei sofreu emenda, obrigando que todos os veículos novos, em especial os automóveis, possuam *airbag* (LEI PÚBLICA FEDERAL AMERICANA, 1991). Após 1990, milhões de automóveis já possuíam *airbags* e o impasse dos governos com a indústria automobilística foi minimizado, face ao desenvolvimento tecnológico e ao acionamento dos *airbags*. Ao longo dos avanços, o uso dos *airbags* ficou mais

confiável. Os consumidores começaram a dar importância para os itens de segurança nos automóveis e os *airbags* deixaram de ser um substituto para os cintos de segurança, mas sim um acréscimo à segurança em conjunto com os cintos de segurança, resultando em uma divisão de responsabilidades do passageiro com a indústria automobilística. (WETMORE, 2004).

A preservação de vidas com a implantação dos *airbags* foi menor às previsões. Em 1977, o NHTSA estimou que os *airbags* iriam preservar mais de 9.000 vidas por ano. (THOMPSON, 2002). Hoje, segundo cálculos do NHTSA, 8.369 vidas foram salvas em 14 anos (1987 – 2001) de uso dos *airbags*. (GLASSBRENNER, 2013). Ao analisar esses dados, percebe-se que os primeiros *airbags* eram um risco para as crianças, idosos e pessoas de pequenas estaturas, a NHTSA, em 2008, contabilizou 291 mortes causadas pelos *airbags*, entre 1990 e 2008. (HOUSTON e RICHARDSON JÚNIOR, 2000). Melhorias foram realizadas para tornar os *airbags* mais seguros. Em 2000, a NHTSA atualizou a legislação de obrigatoriedade dos *airbags* e 2003, foi iniciado o processo de substituição para esses novos *airbags* de nova geração, sendo que, em 2006, todos os veículos de passageiros deveriam incluir esses novos equipamentos. (ANDERSON *et al.*, 2016).

Segundo James Anderson, um dos autores do artigo Autonomous Vehicle Technology, a Guide for Police Markers, em 2016, as lições desse estudo de caso sobre os *airbags* são: a modesta expectativa sobre o impacto de uma nova tecnologia e a necessidade de flexibilidade para adaptação de acordo com o decorrer das evoluções tecnológicas. No exemplo dos *airbags*, a primeira patente foi emitida no início de 1950, no início de 1970, a tecnologia começou a ser implantada nos automóveis e, somente em 1999, tornou-se obrigatória em todos os carros. (MARSHA e HALFST, 1990).

Muitas vezes, o desenvolvimento da tecnologia é relevante, mas não o suficiente para sua efetivação. Com a evolução tecnológica cada vez mais acelerada, espera-se que as tecnologias possuam um tempo menor entre sua concepção e implementação comprovadamente segura.

3.2 EXEMPLOS BRASILEIROS DA REGULAMENTAÇÃO DE TRANSPORTES

Atualmente, na maioria das cidades brasileiras, os sistemas de transporte são operados por empresas privadas que receberam concessão das prefeituras através de um processo licitatório. (ROLIM *et al.*, 2010). A seguir, apresentamos dois exemplos de novos meios de transporte implementados sem a regulamentação inicial do Governo e que geraram transtornos e riscos para os cidadãos.

Transportes Alternativos – Vans e Kombis

Com a regulamentação a partir da Constituição Federal de 1988, a prestação e a regulamentação dos serviços públicos de transporte coletivo foram transferidas aos municípios. (BRASIL, 1988). Nas maiores cidades brasileira, no início de 1990, as concessões ou permissões dispensavam o processo licitatório (ROLIM *et al.*, 2010). A obrigatoriedade de realização de processo licitatório na contratação de serviços públicos foi dada através da Lei Federal nº 8.987/1995, incluindo a prestação do serviço de transporte público. Cada cidade deveria estabelecer as condições técnicas e econômicas de operação no edital da licitação. O órgão responsável pela licitação fazia as avaliações e escolhia a proposta com melhor custo-benefício para o município.

Nesse contexto, as licitações criam uma reserva de mercado que permite o relaxamento da eficiência e da qualidade dos serviços porque os regulamentos não possuem ferramentas ou critérios que possibilitem as operadoras buscar inovações, uma vez que os longos contratos garantiam certa acomodação (ORRICO FILHO *et al.*, 1996). Sendo assim, alguns autores criticam o processo licitatório atual, afirmando que ele existe apenas para cumprir as determinações legais. (GOMIDE, 2000).

No início da década de 1990, surgiu, principalmente nas grandes cidades brasileiras, nova oferta de veículos de pequena capacidade como *vans* e *kombis* para atender áreas urbanas de baixa densidade demográfica e de difícil acesso aos ônibus convencionais. (BALASSIANO, 1996). Esse novo

serviço provocou disputa entre o sistema regulamentado de empresas e outro realizado por motoristas autônomos em pequenos veículos sem regulamentação. (VASCONCELLOS et al., 2014).

O serviço alternativo propunha uma integração com linhas de ônibus de alta capacidade, substituindo o serviço convencional fora do horário de pico para garantir a regularidade e redução dos custos total do sistema. Essa integração buscava atrair usuários dos veículos particulares e aumentar a capacidade do sistema de transporte coletivo. (BALASSIANO, 1996). O serviço de *vans* e *kombis*, apesar de ser bem avaliado pelos usuários (MAMANI, 2004) gerou críticas em relação à falta de coordenação na definição de rotas, falta de segurança para o usuário e competição predatória ao serviço convencional das linhas de ônibus. (BALASSIANO, 1996).

A pressão política dos operadores dos transportes alternativos e dos sindicatos das empresas de ônibus, forçou a regulamentação e cada município estabeleceu as regras dessas regulamentações. Na maioria das cidades, a regulamentação restringiu licenças de operação, resultando em redução considerável dos números dos operadores. As condições desfavoráveis do mercado e a falta de competência gerencial também foram fatores que levou à falência grande parte dos operadores independentes. (ORRICO et al., 1996).

Numa análise mais ampla sobre os princípios da regulamentação, percebe-se que a aplicação das mesmas regras do serviço convencional resultou no sufocamento dos transportes alternativos por gerar requisitos mínimos técnicos incompatíveis com a realidade das *vans* e *kombis*, gerando prejuízos. Em vários casos, as permissões recebidas foram vendidas para as operadoras de ônibus. (ORRICO et al., 1996).

Implementação das patinetes nas principais cidades do Brasil

Em 2017, surgiram, em São Paulo, as primeiras empresas de soluções de mobilidade, entre elas, a Yellow. Essa empresa iniciou suas operações oferecendo bicicletas “*dockless*” ou “*free floating*” que dispensavam a base para retirada das bicicletas, uma vez que essas contavam com aplicativo

massivamente usado em *smartphones* conectados à *internet*. As bicicletas já contavam com uma oferta similar, mas organizadas em plataformas instaladas nos estacionamentos públicos dos automóveis das vias espalhadas pela cidade e implementada pela Prefeitura de São Paulo, mas operada por uma empresa privada (Tembici) com o patrocínio de um banco privado. (PACHECO, 2019).

No segundo semestre de 2018, apareceram as primeiras patinetes elétricas na cidade de São Paulo, nos mesmos moldes das bicicletas “*dockless*” e habilitados através do uso de aplicativos. Em pouco tempo, já eram mais de quatro empresas ofertando esse serviço tornou-se opção menos poluidora, rápida e conveniente de mobilidade. Esses veículos atendiam o deslocamento entre estações de metrô ou terminais de ônibus, os escritórios e casas dos usuários – mesmo restrição de cobertura geográfica (somente áreas da avenida Faria Lima, avenida Paulista, Pinheiros, Jardim Paulista e outras próximas desses bairros).

Os desafios das patinetes encontravam-se principalmente em sua concepção, entre as inovações: o compartilhamento e a estação móvel (o usuário poderia estacionar o patinete em qualquer lugar). (SAIKALI, 2020). As empresas que ofereciam esse serviço tinham um custo que envolvia o recolhimento diário das patinetes que necessitavam ser carregados, consertados (quando necessário) e devolvidos no dia seguinte para o aluguel.

Logo no início de sua operação, o uso das patinetes elétricas gerou críticas e dúvidas a partir do ponto de vista jurídico, particularmente após alguns acidentes com usuários sem capacetes ou estacionamentos em guias rebaixadas, entre outras reclamações. Como trata-se de um serviço privado que se utiliza de um bem público (vias, ciclovias ou praças públicas, por exemplo), tornou-se necessário sua regulamentação a fim de adaptá-los ao Código Brasileiro de Trânsito, isto porque se trata de aparelhos motorizados. (SAIKALI, 2020).

Em maio de 2019, foi promulgado o Decreto 58.750 que regulamentava provisoriamente o serviço de patinetes acionado por plataformas digitais. Esse

decreto estabelecia que as empresas que faziam a exploração do serviço deveriam estar cadastradas na Secretaria Municipal de Mobilidade e Transportes (artigo 2º). As empresas também deveriam fornecer pontos fixos e móveis de locação dos produtos através do aplicativo ou sítio eletrônico (artigo 3º, inciso III). Era dever das empresas fornecer aos usuários capacetes, certificados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), e demais objetos que garantiram a segurança dos cidadãos (artigo 4º). Cabia ainda à empresa a reparação de danos, de qualquer natureza, sofridos pelo Município, salvo em caso de culpa exclusiva deste (artigo 5º). E, por fim, era vedada a circulação dos modais especificados em vias públicas cuja velocidade máxima excede 40 km/h (artigo 8º, § 3º).

A capital fluminense, em julho do mesmo ano, publicou o decreto número 46.181, com regulamentações semelhantes da capital paulista. Porém, estabeleceu algumas regras adicionais nas quais as patinetes não poderiam circular nas calçadas (artigo. 13, § 2º), possibilidade de aplicação de multas (artigo 17, inciso I a inciso. V), decretava que apenas maiores de 18 anos poderiam usar as patinetes (artigo 12, inciso I); não obrigava o uso do capacete, mas, alertava pela necessidade de uso.

Some-se à necessidade de se integrar as patinetes às políticas locais de mobilidade urbana, a exigência de planejar a integração desse modal no modelo de *smart cities*, com o objetivo de garantir segurança jurídica para os agentes econômicos envolvidos através da participação conjunta entre Estado e sociedade civil. (SALVARINI e BACHUR, 2019).

As regulamentações difíceis de serem implementadas na realidade, além do custo adicional gerado, resultaram em dificuldade operacionais para os operadores de patinetes. As empresas que exploravam o serviço de patinete eram *startups* que dependiam de capital de investidores e resultados mensais deficitários não permitia novos aportes de investidores. Alguns tentaram uma fusão; outros encerraram sua operação no Brasil. O resultado foi o fechamento dessas empresas no início de 2020. Além dos pontos apresentados acima, as medidas de prevenção e circulação de pessoas determinados pelas

autoridades em decorrência da COVID-19 acabaram por sepultar definitivamente essas empresas e qualquer iniciativa para viabilizar a circulação das patinetes nas cidades brasileiras.

3.3 IMPORTÂNCIA DO PAPEL DO GOVERNO NA IMPLEMENTAÇÃO DOS VAS

Cada vez mais a disseminação do uso dos VAs propõe uma mobilidade sustentável atrelada aos benefícios econômicos e sociais. A extensão desses benefícios ainda não está clara e ainda traz algumas consequências indesejadas. Como a maioria das novas tecnologias, as estratégias de governança corretamente mapeadas e adequadas podem trazer benefícios maximizados e gerar rápido desenvolvimento dos VAs, minimizando os riscos frequentemente associados às tecnologias disruptivas e as consequências negativas e não intencionais. No entanto, o processo regulatório e legislativo é notoriamente moroso não acompanhando a tecnologia. Ainda assim, há uma série de abordagens para inovações regulatórias que estão sendo desenvolvidas e testadas em todo o mundo. (TALUSAN *et al.*, 2020).

Muitas dessas abordagens fornecem velocidade e agilidade no desenvolvimento de políticas. A arquitetura de dados que sustenta o gerenciamento dos VAs tem implicações no gerenciamento seu processo de implantação. (NATIONAL ASSOCIATION OF CITY TRANSPORTATION OFFICIALS, 2017). Com os governantes, reguladores e legisladores é possível permitir ou proibir, tributar ou subsidiar, restringir ou encorajar qualquer e todos os possíveis impactos dos veículos automatizados. Como a nossa realidade de legislação e política brasileira é complexa, aumenta muito a preocupação quanto à capacidade do nosso governo e legisladores nessa análise some-se a isso o tempo empregado para lidar com as implicações sociais, econômicas e ambientais trazidas pelos VAs.

Conforme descrevemos nos capítulos anteriores, com o emprego dessa tecnologia, podemos ter uma revolução na mobilidade. Surge, então, a oportunidade de evitar os erros do passado. Erros que vêm desde a

configuração inicia da nossa urbanização voltada ao uso individual dos automóveis. Lembremos que essa opção nos deixou como legado desafios econômicos e ambientais que envolvem congestionamentos e crescimento desenfreados das cidades. (ZON e DITTA, 2016).

A seguir, vamos descrever os desafios a serem enfrentados por governos, agências, reguladores e legisladores, quando os VAs começarem a ser testados no Brasil.

Responsabilidade Civil

Uma das promessas dos VAs é a redução dos acidentes e, suas consequências na contratação de seguros e prêmios. Esses benefícios podem ser revertidos aos consumidores, especialmente quando se pensa nos quesitos: idade, sexo e acidentes anteriores que interferem no cálculo dos preços (JAIN *et al*, 2015).

Mesmo que a tecnologia instalada nos VAs seja perfeita, diferentes realidades e questões filosóficas são conhecidas: suponhamos que um cavalo, ao atravessar, uma rodovia se depare com um VA e este precise desviar para evitar um atropelamento. A decisão estaria entre atropelar o cavalo ou sair da rodovia e desviar do cavalo. Qual seria a reação se, ao invés de um cavalo fosse uma criança, outro carro, um caminhão ou uma moto? Ou, se esse desvio atingisse outro carro? No automóvel, quando dirigido por um ser humano, decisões como essas tomadas em circunstâncias além do controle, normalmente, não são responsabilizáveis. (FAGNANT e KOCKELMAN, 2015). Sob a perspectivas do VAs, deve-se argumentar que eles têm sensores, *softwares* de interpretação visual e algoritmos que possibilitam sua tomada de decisão e essas decisões podem ser questionadas no caso de um processo. Outras questões cruciais, envolvem fatores, tais como, a avaliação dos ferimentos nos passageiros ou nos outros envolvidos nos acidentes e, a possibilidade de os proprietários dos veículos ajustarem essas definições (FAGNANT e KOCKELMAN, 2015).

A possibilidade de mudança de responsabilidade civil do motorista para o desenvolvedor de *software* ou do fabricante dos VAs pode ocasionar indenizações milionárias àqueles envolvidos em acidentes. (ANDERSON *et al.*, 2016). Como resultado, os fabricantes podem demorar a implementar soluções para tornar os veículos em autônomos e cobrar um valor maior para incorporar essas mudanças, dificultando as vendas especialmente dos níveis 3 e 4.

Dependendo de como os legisladores definirem os responsáveis pelos acidentes, os efeitos nos custos de seguro ainda são desconhecidos. (ABDULLAH, 2018). Terceiros lesados podem recorrer à ação judicial do fabricante ou fornecedor do *software* se a responsabilidade for do sistema autônomo. Essas indefinições e os riscos de responsabilidade civil podem atrasar a implementação dos VAs e podem diminuir os incentivos para os envolvidos nos projetos. (GURNEY, 2013).

Privacidade

Frequentemente, os legisladores, fabricantes de automóveis e os futuros usuários dos VAs se preocupam com a segurança eletrônica envolvida nos VAs. *Hackers*, funcionários insatisfeitos, terroristas, entre outros, podem ter como alvo os VAs e os sistemas de transporte inteligentes, envolvidos no monitoramento dos VAs, causando riscos, colisões e interrupções no tráfego.

O Brasil, assim como outros países, seguindo a liderança da União Europeia, implementou uma legislação específica com regras claras sobre o tratamento de dados pessoais: a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais - Lei 13.709 de 2018, como primeiro grande marco regulatório sobre o tema no país – que entrou em vigor em agosto de 2020. (FENABRAVE, 2020).

Garantida pela Constituição Federal Brasileira, de 1988, a privacidade já é um direito fundamental, uma vez que qualquer violação, é cabível indenização, por dano material ou moral. Além disso, no sistema legal brasileiro, há uma série de leis que, de algum modo, trazem alguns dos aspectos relacionados à proteção de dados pessoais, seja no Código de

Defesa do Consumidor, no Decreto do Comercio Eletrônico ou no Marco Civil da *Internet* (FENABRAVE, 2020).

A quantidade de dados gerados pelo VAs é imensa e a propriedade vai chamar a atenção para a privacidade desses dados. Essa realidade dá origem a cinco questões relacionadas aos dados: 1) quem deve possuir ou controlar os dados do veículo? 2) que tipos de dados serão armazenados? 3) com quem esses conjuntos de dados serão compartilhados? 4) de que forma esses dados serão disponibilizados? e, 5) para que fins eles serão usados? (FAGNANT e KOCKELMAN, 2015).

Fornecer dados de viagem, como rotas, destinos e horários do dia, para sistemas centralizados e controlados pelo governo é, provavelmente, controverso, principalmente se os dados forem registrados e armazenados. Embora, o rastreamento de movimento de indivíduos já ocorra em algum grau por meio de sensores *Bluetooth* de beira de estrada e triangulação de torres de telefones celulares, o monitoramento contínuo pode levar esse fenômeno a um nível totalmente novo. Sem as proteções adequadas, esses dados podem ser usados indevidamente por funcionários do governo para rastrear indivíduos ou fornecidos para monitoramento e vigilância ilegais. Os dados de viagens de veículos têm aplicações comerciais abrangentes que podem ser desconcertantes para os indivíduos, como publicidade direcionada (FAGNANT e KOCKELMAN, 2015). Nesse contexto, os *softwares* e gestores dos dados gerados pelas VAs deverão se adequar à LGPD em qualquer operação, de Tratamento de Dados Pessoais, realizada por pessoa natural ou jurídica, de direito público ou privado.

Segurança

Como falamos no primeiro capítulo, os VAs introduzem novos problemas na segurança, sejam dos passageiros ou dos pedestres.

De acordo com a complexidade da tecnologia, aumenta a probabilidade de erros técnicos que comprometam a segurança do veículo. O atropelamento resultando na morte de um pedestre por um veículo de teste do Uber em 2018

e o abrupto desengajamento do piloto automático de um Tesla em 2016 que provocou um acidente fatal mostra que a incerteza da percepção da máquina foi incapaz de evitar acidentes. (BANKS et al., 2018).

Também surgem preocupações sobre como os algoritmos dos VAs devem ser programados para responder durante acidentes inevitáveis. (COCA-VILA, 2018). Os danos e prejuízos causados por VAs em acidentes não podem ter uma avaliação subjetivamente, mas devem ter regras objetivas para as reações dos VAs aos dilemas morais. Programar os algoritmos para priorizar a segurança dos ocupantes dos VAs garante a viabilidade econômica dos VAs, mas usar o interesse individual dos passageiros dos VAs, como base para justificar os danos infligidos a terceiros prejudica as funções da própria lei (COCA-VILA, 2018). Definir e acordar sobre o nível aceitável de segurança e os métodos de como atender as demandas de todos os envolvidos na determinação da segurança e apenas um dos muitos desafios que governos e legisladores irão se deparar quando os VAs forem uma realidade. (GROVES e KALRA, 2017).

A experimentação de dirigir em locais reais, mas com riscos controlados para testes, especialmente, quando se fala na realidade conturbada dos grandes centros brasileiros irá possibilitar um aumento no desempenho dos VAs ao longo do tempo e possibilitar uma implantação mais segura que respeite a legislação, propiciando o engajamento do público na aceitação e adoção dessa nova tecnologia. (GROVES e KALRA, 2017).

Segurança Cibernética

Ataques por *hackers* são uma grande ameaça de segurança cibernética nos VAs. Os controles digitais mediados por computadores possuem maior eficiência sobre os movimentos dos VAs e a autonomia desses dificulta e diminui a intervenção do motorista durante um ataque. (LEE, 2012). Sem um protocolo de segurança suficiente, os canais de comunicação V2V e V2I podem ser *hackeados* – o que pode levar a acidentes graves (PINSENT, 2016). Existem também ameaças que incluem a manipulação de sensor para

desorientar os sistemas dos VAs, o uso de luzes brilhantes para cegar câmeras e o ultrassom ou interferência de radar para “cegar” um VA de obstáculos. (WEST, 2016). Embora, os sistemas possam ser instalados para detectar os problemas no funcionamento, esses requerem atualizações de *software*, bem como a alteração das arquiteturas de segurança padronizadas existentes. (BAGLOEE *et al.*, 2016).

Alguns governos desenvolveram novas diretrizes não obrigatórias sobre as melhores práticas de segurança cibernética para os VAs e criaram grupos de pesquisa para explorar antivírus para aumentar a segurança cibernética nos VAs. Os governos dos EUA, China, União Europeia e Cingapura já introduziram ou promulgaram novas legislações para tratar dos riscos de segurança cibernética. (TAEILHAGH, 2018).

COMENTÁRIOS FINAIS

Nos capítulos anteriores, falamos sobre a importância de uma mobilidade sustentável inclusiva e eficiente. O surgimento dos VAs está em fase avançada em muitos países, menos no Brasil, que precisa acompanhar essa implementação desde sua concepção, auxiliando na definição dos padrões de segurança e comercialização desses veículos. Segundo Feigenbaum (2018), os VAs tendem a acelerar a tendência de não propriedade dos veículos: criar legislações favoráveis para permitir o compartilhamento de veículos favorecerá que algumas famílias fiquem sem o carro e outras possam possuir apenas um e, assim, reduzir o volume de carros nas ruas. Com as corretas legislações, a tendência é que os primeiros VAs sejam adquiridos como frotas. Os clientes irão se inscrever em um aplicativo de compartilhamento de VAs semelhante aos de hoje.

Existes muitas opções que podem reduzir a propriedade dos automóveis, mas, o efeito é temporário e ineficiente. Com o espraiamento das cidades para os subúrbios, muitos donos de veículos dependem desses veículos para ir ao trabalho. Nessa situação, deve-se considerar os custos dos automóveis, envolvendo os custos dos combustíveis, os impostos e a

manutenção. Some ainda, a baixa qualidade dos transportes públicos. O que se nota é a insistência em manter a propriedade com a opção da compra de veículos usados que possuem um custo menor de aquisição e de manutenção. Mesmo a consciência ecológica não mudou o jogo: a saúde do planeta é a última coisa que passa pela cabeça da maioria dos compradores de automóveis. (GRUSH, 2016).

A automação por si só não moverá as pessoas para o modelo de compartilhamento. A falta de legislação, sem alternativas e adequadas incentivos e desincentivos e acompanhamento ativo por parte dos governos, pode gerar o aumento de veículos nas ruas e avenidas, congestionamentos, necessidade de mais estacionamento. (GRUSH, 2016). A popularização dos VAs para utilização individual poderá diminuir todo o ganho sustentável de redução de emissões e maior durabilidade dos veículos, uma vez que uma camada importante da sociedade – idosos, adolescentes que ainda não podem dirigir e pessoas com dificuldade de locomoção – será beneficiada pelos VAs e, assim, gerar crescimento na ocupação das vias e, conseqüentemente, no congestionamento.

Ainda segundo Feigenbaum (2018), os metrô e trens urbanos dificilmente serão substituídos pelos VAs, mas ser usados como complemento aos atuais serviços. Com o devido planejamento dos governos e legisladores, os serviços de ônibus em pequenas cidades podem ser eliminados ou reduzidos. Já nas grandes cidades, o uso mais frequente de miniônibus poderá atender à demanda com um serviço mais eficiente, gerenciado por aplicativos que funcionarão como facilitadores para a programação do “leva e traz” dos passageiros.

Promover e viabilização de testes e iniciar o caminho para a aprovação regulatória dos VAs são ações que já estão em curso em muitos países. Mas, no Brasil ainda não. Mesmo após os testes iniciais, as jurisdições ainda poderão necessitar de tempo para serem implementadas em sua totalidade além de um período adicional necessário para testes em grande escala.

4. ESTUDOS DE CASO DE IMPLEMENTAÇÃO DOS VEÍCULOS AUTÔNOMOS

A implementação e o uso em massa dos VAs ainda estão longe de ser uma realidade. Questões complexas relacionadas à regulamentação legal, de responsabilidade civil, privacidade, licenciamento, segurança e seguro ainda precisam ser endereçadas e respondidas. Vamos analisar, neste capítulo, a abordagem do governo americano através do órgão federal da Administração Nacional de Segurança no Trânsito Rodoviário (NHTSA) que permitiu aos estados a operacionalização dos testes, definindo regras e padrões de desempenho e seguranças dos VAs. Em especial, dedicaremos atenções à experiência do Arizona.

Em seguida, apresentamos como a cidade-estado de Singapura tornou-se líder nos testes dos VAs, em um *ranking* criado pelo KPMG, e finalizamos esse capítulo com a pouca ação brasileira voltada aos VAs.

4.1 A ABORDAGEM DO GOVERNO DOS EUA NA REGULAMENTAÇÃO DOS VEÍCULOS AUTÔNOMOS

Nos EUA, no nível federal, existe pouca regulamentação relacionada ao teste e à operação de veículos autônomos. Embora, os estatutos no Título 49, Subtítulo VI do Código dos EUA e os regulamentos no Título 49, Subtítulo B, Capítulo V do Código de Regulamentos Federais preencham milhares de páginas com padrões federais de veículos motorizados, muitos – senão todos – padrões foram elaborados a partir da noção de motoristas humanos. Com a recente onda de inovação veiculada ao VAs, o governo federal percebeu que precisa reavaliar essas regras. Até o momento, o agente de mudança não tem sido o Congresso, mas, sim o Departamento de Transporte e, especificamente, a Administração Nacional de Segurança no Trânsito Rodoviário (NHTSA).

Desde 2013, foram apresentados apenas dois projetos de lei federais que tratam dos veículos autônomos e, apenas um se tornou lei. Em 04 de dezembro de 2015, a Lei de Reautorização e Reforma do Transporte de

Superfície de 2015 foi sancionada como Lei Pública 114-94. Modestamente, essa exige subsídios para a pesquisa de veículos autônomos. O Controlador Geral dos EUA prepara relatórios sobre a política de tecnologia de transporte autônomo desenvolvida por entidades públicas para avaliar os desafios organizacionais e recomendar caminhos de implementação para tecnologia de transporte autônomo, aplicações e políticas. (TARPLEY e JANSMA, 2016).

Em 2013, o Departamento de Transporte dos EUA - por meio da NHTSA - emitiu sua Declaração Preliminar de Política Sobre Veículos Automatizados (Política da NHTSA). Nele, o NHTSA definiu um caminho para pesquisas futuras e traçou uma estrutura, classificando cinco “níveis” de capacidade autônoma. Esses níveis são projetados para rastrear avanços em autonomia de uma forma organizada, escalonar objetivos de pesquisa e facilitar a promulgação de regras para cada nível.

Esses níveis podem servir de base para regulamentos vinculativos ou recomendações opcionais sobre a evolução dos veículos autônomos. Em 2011, por exemplo, a NHTSA emitiu 49 CFR Parts 571 e 585 exigindo sistemas de controle eletrônico de estabilidade (ESC) – uma tecnologia de nível 1 – em carros de passageiros, veículos de passageiros polivalentes, caminhões e alguns ônibus. Em contraste, na Política NHTSA de 2013, a NHTSA optou por meramente emitir recomendações. A política da NHTSA simplesmente adverte os estados contra permitir a operação de veículos autônomos nos níveis 3 e 4 “para fins diferentes de teste.” (TARPLEY e JANSMA, 2016).

As empresas no mercado de veículos autônomos devem estar cientes da estrutura da NHTSA. Se for necessário, a NHTSA pode transformar as recomendações atuais em requisitos e proibições futuras. O Departamento de Transporte Americano (USDOT) mostra-se empenhado em facilitar a implantação de novas tecnologias com o objetivo de liderar os projetos de automação no mundo, agindo como facilitador de parcerias com as partes interessadas da indústria automobilística, universidades, governos estaduais e municipais, associações, entre outros interessados em desenvolver com segurança testes e tecnologias para a disseminação dos VAs (U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 2021).

Em 06 de setembro de 2017, a câmara dos deputados norte-americana aprovou por unanimidade a lei HR 3388 com o título Garantir Vidas na Futura Implementação e Pesquisa dos Veículos. Essa lei permitirá que até 50.000 VAs sejam isentos dos padrões de segurança atuais por dois anos, desde que forneçam segurança pelo menos igual aos padrões atuais. Após dois anos, o número de isenções dos padrões de segurança salta para 100.000 automóveis.

O órgão responsável pela segurança dos cidadãos nas estradas e vias americana é o National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), através da definição dos padrões de desempenho e seguranças de veículos em conjunto com governos os estaduais e municipais para reduzir mortes, lesões e impactos econômicos provocados pelos acidentes rodoviários.

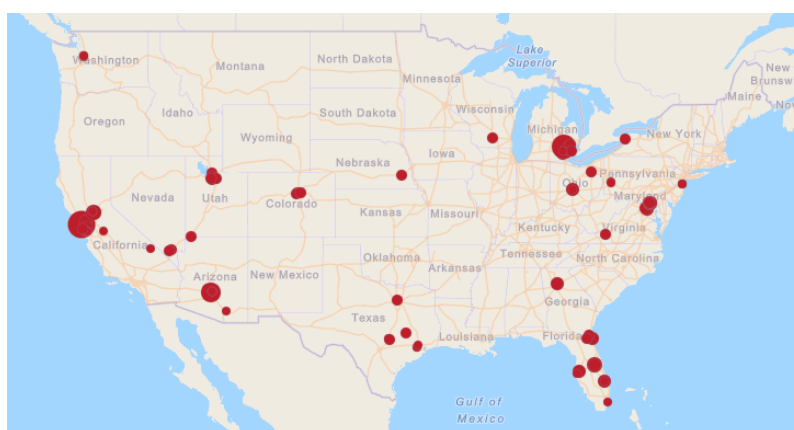
As responsabilidades do NHTSA na implementação dos VAs estão direcionadas a definir os padrões de segurança dos veículos motorizados. O objetivo é certificar e garantir que são seguros, antes da venda para os consumidores. O NHTSA é responsável também por investigar e gerenciar o *recall* de defeitos e problemas relacionados à segurança em todo os EUA e ser responsável pela comunicação e educação do público sobre problemas de segurança de veículos.

Os estados são os responsáveis pelo registro dos automóveis, emissão das carteiras de motorista, aplicar e fazer cumprir as leis de trânsito, realizar inspeções de segurança, regulamentação do seguro e da responsabilidade civil no caso de acidentes. Em relação aos VAs, o NHTSA fez algumas recomendações de práticas para guiar a definição das leis nos estados. Entre as recomendações, estão a de fornecer um ambiente de testes “neutro em tecnologia”, fornece procedimentos de licenciamento e registro, incluindo seguro e métodos de registro de incidentes e desempenho. O NHTSA transfere aos estados a revisão das leis de trânsito que podem servir como barreiras para a operação dos sistemas de direção autônoma (SDA) (NHTSA, 2015a).

Existem nos EUA 38 estados e o Distrito Federal de Columbia que aprovaram legislações ou emitiram medidas provisórias relacionadas aos VAs. Cinco estados autorizaram empresas a fazerem estudos para definir os principais termos e autorizar os financiamentos. Já 12 estados autorizam o

teste dos VAs. Outros 16 estados e o Distrito Federal de Columbia autorizam a implementação completa dos VAs. Desses 38 estados, 18 permitiram o teste ou a implantação sem um motorista humano no veículo. E apenas 4 estados fizeram a regulação do transporte de mercadorias com caminhões autônomos (GOVERNORS HIGHWAY SAFETY ASSOCIATION, sd.). No mapa (**Fig. 5**), os pontos em vermelho mostram os locais de testes dos VAs. Quanto maiores os círculos, maior a quantidade de empresas que fazem os testes desses veículos.

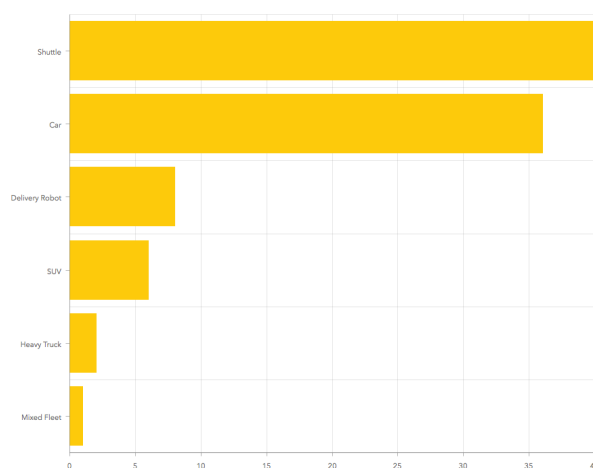
Figura 5 – Locais de Testes de VAs nos EUA



Fonte: NHTSA, 2015a

Observamos (**Fig. 6**) a quantidade de testes por tipo de veículo.

Figura 6 – Quantidade de Testes de VAs nos EUA



Fonte: NHTSA, 2015a

A falta da liderança do NHTSA na regulamentação dos VAs, deixando para cada um dos estados fazer sua regulamentação e avaliações do desempenho desses veículos gera diferentes padrões de certificações e regras de avaliações de resultados da efetividade da segurança dos VAs (CARP, 2018) irá dificultar a implementação em diferentes estados do mesmo projeto e gerar incertezas na indústria automobilística na produção dos VAs e dificultar testes mais completos. (FAGNANT e KOCKELMAN, I 2015).

4.2 A EXPERIÊNCIA DE IMPLEMENTAÇÃO DOS VEÍCULOS AUTÔNOMOS NO ARIZONA

Phoenix e seu arredores foram locais selecionados como ideais para os testes de VAs. Apesar de não estar em uma região tradicional de desenvolvimento de tecnologia, tal como, o Vale do Silício na Califórnia ou, ainda ser uma cidade que concentra montadoras de veículos, tal como, Detroit. Waymo, Uber e outras empresas da cadeia tecnológica envolvidas no desenvolvimento dos VAs escolheram Phoenix, uma vez que a região possui condições que facilitam os testes dos VAs. A maioria dos dias do ano são ensolarados (o que facilita os testes com os VA⁵). A cidade também possui um polo de muitas empresas de tecnologia⁶ e, conseqüentemente, disponibiliza mão-de-obra especializada. A existência de universidades, suportes às empresas de tecnologia e *startups* deram-lhe o apelido de “Silicon Desert” em alusão ao “Silicon Valley” na Califórnia.

Outro ponto importante que favoreceu Phoenix nos testes dos VAs é o apoio do governo do estadual. Em 2015, o governador do Arizona, Doug Ducey, fez uma lei exigindo que as agências estaduais facilitem os testes de veículos autônomos nas vias públicas do estado (Lei nº 2015-09, 2015). Essa lei determinou que nenhuma outra lei fosse feita para regular os VAs, além daquelas que regulamentam os veículos tradicionais. Em outra lei de 2018, o Governo permitiu o teste de VA sem um motorista reserva (Lei nº. 2018-04,

⁵ Como as mudanças climáticas não variam muito durante o ano, muitas empresas decidiram testar os VAs nessa área. Nelas, os testes podem ocorrer 24 horas por dia 365 dias no ano.

⁶ Na década de 1980, a Motorola e a Intel abriram grandes operações na região.

2018a). Curiosamente, essa ordem criou um regulamento que não se aplica a veículos tradicionais.

No mesmo ano de 2018, o governador fez uma terceira lei que criou o Institute for Automated Mobility (Instituto para o Veículo Autônomo) (Lei No. 2018-09, 2018b). Esse instituto tem como objetivo promover relações mais fortes entre as universidades do Arizona e as universidades autônomas desenvolvedoras de veículos para manter o Arizona como uma capital para desenvolvedores de VAs.

Em Phoenix, a primeira empresa a iniciar os testes dos VAs foi a Uber, seguida pela Waymo que criou um centro de testes na cidade de Chandler, subúrbio de Phoenix, contando com apoio de políticos locais. (WOODS, 2016). Alguns acidentes ocorreram com os veículos Waymo e Uber desde o início dos testes. O mais noticiado foi a morte de Elaine Herzberg em março de 2018, Herzberg estava cruzando uma importante rua em Tempe, quando um Uber autônomo colidiu com ela (SOMERVILLE, 2018). A Uber tinha uma motorista reserva, Rafaela Vasquez, mas estava distraída com seu telefone celular. (LARIS, 2018). O governo do Arizona ordenou a suspensão dos testes, mas o Uber parou, permanentemente, os testes de seus VAs. (DAVIES, 2018). Nove meses após esse acidente, a Uber voltou a testar seus VAs, mas em Pittsburgh e em um quarteirão controlado. Os veículos da Waymo também se envolveram em vários acidentes, mas a maioria desses acidentes, foi causada pelo motorista do outro veículo. (MARSHALL e DAVIES 2018). Existem algumas críticas, após os acidentes, que a postura permissiva do governo do Arizona na regulação dos VAs foi voltada apenas para atrair a empresa a testar os VAs sem dar muita importância à segurança. Após muitas críticas foram criadas algumas restrições na condução dos testes dos VAs, entre elas, a exigência da parada completa do VA antes desse sair do modo autônomo.

Apesar de todos os problemas, dificilmente, o Arizona criará uma legislação restritiva aos testes dos VAs, visto que uma permissividade da legislação e a facilitação de testes é o ideal para os testes dos VA.

4.3 IMPLEMENTAÇÃO DOS VEÍCULOS AUTÔNOMOS EM SINGAPURA

Em 2020, a KPMG publicou o terceiro estudo que mostra o índice de prontidão para VAs. Esse relatório mostra como os países analisados e suas jurisdições atuam a partir de decisões políticas e de investimento necessário para viabilizar a implementação dos VAS. (KPMG, 2020, p. 4).

Pela primeira vez, Singapura liderou o *ranking* que, no ano anterior, foi da Holanda. Cingapura liderou nos índices de aceitação do consumidor e política e legislação. Os outros índices que são analisados no *ranking* da KPMG são a tecnologia, a inovação e a infraestrutura.

Singapura, entre 2019 e 2020, expandiu os testes de veículos autônomos para cobrir todas as rodovias públicas no Oeste (mais de 1.000 KM) e visa atender três áreas com ônibus sem motorista a partir de 2022. O estudo também destacou que o aumento do número de pontos de carregamento de veículos elétricos de 1.600 para 28.000 até 2030, além de incentivos para a compra de veículos elétricos. (KPMG, 2020, p.8).

Singapura é considerada uma cidade-estado. Possui 710 km² de área, população de 5,7 milhões de habitantes e uma densidade demográfica de 7.697 habitantes por km². Tem uma frota de veículos total de 960.000 e 1 carro particular para cada 10 pessoas. (LAND TRANSPORT AUTHORITY, 2020). A região tem preocupações endereçadas para um futuro próximo. Com o aumento de sua população, a demanda por mais transportes aumenta. Trata-se de um país pequeno, 12% de seu espaço já está ocupado por ruas, avenidas e infraestrutura terrestre de transportes. Existe uma baixa demanda por motoristas de ônibus e caminhões e 30% de sua população terá mais que 65 anos até 2030. (LAND TRANSPORT AUTHORITY, 2020). Tudo indica que os VAs terão um protagonismo importante para sua mobilidade sustentável.

Legislação e Políticas

Alguns legisladores defendem que as regulamentações para viabilizar os VAs devem seguir os passos da tecnologia, ou seja, devem estar disponíveis quando a tecnologia estiver pronta. (ACKERMAN, 2016, p. 2).

Em 2013, Singapura formulou uma política de integração dos VAs à rede de transportes. O debate político reforça que os VAs não se destinam a suplantam a infraestrutura de transporte público existente, mas sim devem ser desenvolvidos de forma integrada com o transporte público. (MOT, 2012).

Em Singapura, até 2/3 dos automóveis são tributados. (HO, 2019). Há, portanto, considerável alavancagem política por meio de tributações ou incentivos. Assim, o mercado dos VAs direciona-se para o atendimento dos anseios de toda sua população. (KPMG, 2019). Como existe uma política de isenção de impostos para a compra de veículos elétricos, o governo de Singapura introduziu um imposto sobre esses veículos para compensar a perda de impostos indiretos que incidem nos combustíveis fósseis. Aqui deve-se lembrar que os VAs serão principalmente elétricos. Dessa forma, esses movimentos são essenciais para viabilizar os veículos autônomos. (KPMG, 2020).

Um passo importante do governo foi criar um comitê de transporte rodoviário autônomo (Committee on Autonomous Road Transport for Singapore - CARTS), formado pelos principais acadêmicos e profissionais da indústria (MOT, 2014). Além desse comitê, em 2014, foi criada uma iniciativa para viabilizar os VAs (Singapore Autonomous Vehicle Initiative - SAVI) que coordena os esforços da Autoridade de Transportes Terrestres (Land and Transport Authority – LTA) e a Agência para Ciência, Tecnologia e Pesquisa (A*STAR). Essas entidades propiciam o ambiente ideal para o desenvolvimento de tecnologia e de estrutura regulatória e apoiam o CARTS na implementação dos VAs, permitindo flexibilidade na regulamentação.

Privacidade

Em 2017, foi promulgada a Lei de Proteção de Dados Pessoais (Personal Data Protection Act - PDPA). Essa legislação rege o uso de dados, promovendo maior transparência na forma como os dados são coletados, além de fornecer às pessoas a opção de limitar a coleta de seus dados. (PDPC, 2018). O projeto de lei de governança do setor público também restringe o compartilhamento não autorizado de dados entre órgãos públicos.

Cibersegurança

Em 2017, A Lei de Cibersegurança de Singapura foi alterada como objetivo de incluir dispositivos para facilitar a capacidade de resposta das empresas aos riscos de ataques cibernéticos. Existem outras iniciativas que visam à colaboração entre os setores acadêmico, governamental e privado. Assim, Singapura torna-se líder na de gestão de risco de segurança cibernética. Com planos de criar uma Organização Cibernética de Defesa Nacional (SRIKANTHAN, 2017).

Infraestrutura para Testes

Além do ambiente das políticas governamentais favoráveis, Singapura tem realizado testes dos VAs desde 2015. Em 2016, o Centro de Excelência para Teste e Pesquisa de VAs (Centre of Excellence for Testing and Research of AVs – CETRAN), financiado pela LTA (Land Transport Authority), lançou na Universidade Tecnológica de Nanyang o plano de desenvolvimento de padrões técnicos para a segurança de VAs e os regulamentos que incluem testes de veículos, *design* e especificações desses testes. Um espaço de 1,6 alqueires, dentro da Universidade, que inclui edifícios, paradas de ônibus, depósitos, travessias de pedestres e até mesmo uma simulação para ambientes de clima inclemente (CETRAN, 2018) para desenvolver cenários para a introdução do transporte VA baseado em frota, regulamentar e certificar esses veículos entre outras iniciativas.

Singapura é frequentemente vista como um exemplo de melhor prática global para uma rede de transporte público eficiente e eficaz (RAKIN, 2018). Existe um importante direcionamento da política pública para integrar o desenvolvimento de VAs às redes de transporte público existentes na cidade. As rotas de ônibus de alta demanda seriam preservadas, mas os VAs acabariam por suplantá-las as rotas de ônibus de baixa demanda. (SHEN *et al.*, 2018).

Aceitação do Público

Um dos fatores que influenciarão a aceitação pública dos VAs é vê-los nas ruas, transportando pessoas e mercadorias, além de experiências positivas e seguras ao dirigir um VA. Ao longo dessas duas dimensões, a KPMG classificou Singapura, em sua pesquisa global de prontidão sobre os VA de 2019 e 2020, como exemplo, visto que a cidade implementou extensa série de testes, muitos dos quais estão abertos ao público em pontos turísticos, tais como, jardins da baía e áreas públicas residenciais.

Singapura continua fazendo progressos significativos em direção à implantação em grande escala dos VAs. A combinação de um enfoque no desenvolvimento tecnológico, suas restrições de espaço e um modelo autocrático eficiente de governança urbana levou às condições ideais, não apenas para a cidade se tornar um líder internacional no estabelecimento de padrões para os testes de VA, mas também para a coordenação de políticas públicas que têm apoiado a inovação do setor privado.

4.4 O QUE O BRASIL TEM FEITO PARA IMPLEMENTAR OS VEÍCULOS AUTÔNOMOS

De acordo com pesquisas bibliográficas e digitais, até 2013, no Brasil, existem poucos grupos de pesquisas acadêmicas, governamentais e empresariais sobre os VAs. Normalmente, as pesquisas são feitas em robótica, mas poucas têm o objetivo para transportes de humanos. Identificamos quatro grupos de pesquisa com aplicações específicas para veículos com abordagem robótica: o Laboratório de Sistemas de Computação e Robótica do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Minas Gerais (CORO-UFMG), o Laboratório de Robótica Móvel da Universidade de São Paulo – Campus São Carlos (LRM-USP), o Laboratório de Computação de Alto Desempenho da Universidade Federal do Espírito Santo (LCAD- UFES) e o Laboratório de Topografia e Geodésia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (LTG-EPUSP). Desses grupos, três (CORO-UFMG, LRM-USP e LCAD-UFES) possuem um enfoque nos aspectos robóticos do veículo e um

(LTG-EPUSP) possui o enfoque nos aspectos de Geomática e Engenharia de Transportes, envolvidos no projeto de um carro robótico (PISSARDINI *et al.*, 2013).

Descreveremos as pesquisas, a seguir:

- As pesquisas do CORO-UFMG são consideradas as mais antigas em desenvolvimento no país. Foram iniciadas em 2007 e sendo realizadas pelo Grupo de Pesquisa e Desenvolvimento de VAs. O objetivo do grupo é desenvolver ferramentas robóticas para instrumentação, navegação e controle embarcados para veículos terrestres e aéreos, autônomos ou semiautônomos. O grupo desenvolveu o CADU (Carro Autônomo Desenvolvido na UFMG), um automóvel integrado a um conjunto de componentes tecnológicos para navegação autônoma. (LABORATÓRIO DE SISTEMA DE COMPUTAÇÃO E ROBÓTICA, 2015);
- O LRM-USP, laboratório integrante do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Sistemas Embarcados Críticos (INCT-SEC), desde 2010, tem desenvolvido aplicações robóticas para uso agrícola e para navegação urbana. O projeto CaRINA (Carro Robótico Inteligente para Navegação Autônoma) envolve a construção de um veículo desenvolvido para navegação urbana, empregando técnicas de localização, mapeamento e estratégia de movimento com recursos da robótica móvel. (INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO. USP-SÃO CARLOS, 2015);
- As investigações do LCAD-UFES, realizadas em parceria com a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), tem como objetivo o desenvolvimento de carros robóticos, utilizando recursos matemáticos-computacionais para resolução de problemas de processamento de alto desempenho,

mapeamento e localização. (UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO, s.d.) e,

- Os estudos do LTG-EPUSP são desenvolvidos pela Equipe do Veículo Autônomo do Grupo de Investigação em Geomática Aplicada à Engenharia (EVA-GIGA), grupo iniciado em 2011, cuja proposta é a criação de ferramentas e recursos para navegação autônoma sob enfoque da Geomática e da Engenharia de Transportes

O setor privado, no Brasil, ensaia alguns poucos testes, embora se concentre no uso fora das vias públicas. Em janeiro de 2020, a fabricante brasileira de veículos Hitech Electric lançou o que chamou de primeiro veículo autônomo desenvolvido no país. O e.coTech4 elétrico de dois lugares, que pode atingir velocidades de 50 km/h, está disponível inicialmente apenas para locação corporativa em áreas fechadas, como instalações industriais, campus universitários e *resorts*. (HITECH ELECTRIC, 2020).

Em outubro de 2019, a mineradora brasileira Vale afirmou que iniciaria os testes para o uso de caminhões de transporte autônomos na sua unidade de Carajás – a maior mina de minério de ferro a céu aberto do mundo. A empresa já havia transferido todo o trabalho de transporte na mina de Brucutu para 13 caminhões autônomos, com operadores de veículos treinados para trabalhar a partir de uma sala de controle. (KPMG, 2020).

Mesmo com essas iniciativas, de acordo com o Índice de Prontidão para Veículos Autônomos, resultado de uma avaliação anual de 30 países feita pela KPMG com relação ao nível de preparação do país para a adoção da tecnologia de Veículos Autônomos, o Brasil ficou na última posição em 2020, caindo 5 posições em relação à apuração de 2019. Esse índice avalia o grau de preparação para a adoção de veículos autônomos e é composto pela combinação de 28 indicadores de diferentes fontes, gerando a pontuação final. São considerados como público-alvo as organizações do setor público que tem algum tipo de responsabilidade pelo transporte e pela infraestrutura.

Os indicadores considerados têm relação com temas de segurança, privacidade, infraestrutura digital, impacto nos sistemas de transporte e viagens transfronteiriças. Quesitos que o Brasil se encontra atrasado em relação aos países analisados na pesquisa.

De acordo com a KPMG (2020), no Brasil o governo não tem realizado muito para pavimentar o caminho da adoção de veículos autônomos, o que o levou à última posição no *ranking* em 2020. Essa afirmação se sustenta quando se observa que não há nenhuma política pública para a criação de vias para os veículos autônomos.

Em paralelo, temos o “Rota 2030”, que é um programa brasileiro de eficiência e segurança de veículos. Lançado em 2018, o programa oferece incentivos para a migração dos tipos de motores tradicionais para motores híbridos ou elétricos.

Uma pequena iniciativa do governo para promover o uso de veículos elétricos foi feita em 2019, através do lançamento de frota de veículos elétricos Renault Twizy, juntamente com estações de recarga em Brasília, possibilitando aos servidores públicos se deslocarem entre os prédios do governo de maneira mais econômica e com uma menor emissão de carbono. (LATIN AMERICAN NEWS AGENCY, 2019).

O único item que o Brasil não ficou em último lugar (mas, em penúltimo), apenas à frente da Índia, foi o de ‘Aceitação do Consumidor’, mostrando uma mínima intenção do brasileiro em adotar os VAs. (KPMG, 2020).

Já o Chile, outro país da América do Sul que foi incluído no *ranking* de prontidão na 27^a. posição, 3 acima da Brasil, já começou a testar através de um projeto-piloto um micro-ônibus elétrico autônomo que roda em um circuito de 1km no centro de Santiago, além de planos ambiciosos de conectividade através de cabos de fibra ótica e investimentos em veículos elétricos que já contam com mais de 200 ônibus elétricos em operação. (KPMG, 2020).

Figura 7 – Índice de Prontidão para Veículos Autônomos

País ou jurisdição	2020	2019	Pontuação de 2020
Singapura	1	2	25.45
Holanda	2	1	25.22
Noruega	3	3	24.25
Estados Unidos	4	4	23.99
Finlândia	5	6	23.58
Suécia	6	5	23.17
Coreia do Sul	7	13	22.71
Emirados Árabes Unidos	8	9	22.23
Reino Unido	9	7	21.36
Dinamarca	10	n/a	21.21
Japão	11	10	20.88
Canadá	12	12	20.68
Taiwan	13	n/a	19.97
Alemanha	14	8	19.88
Austrália	15	15	19.70
Israel	16	14	19.40
Nova Zelândia	17	11	19.19
Áustria	18	16	19.16
França	19	17	18.59
China	20	20	16.42
Bélgica	21	n/a	16.23
Espanha	22	18	16.15
República Tcheca	23	19	13.99
Itália	24	n/a	12.70
Hungria	25	21	11.66
Rússia	26	22	11.45
Chile	27	n/a	11.28
México	28	23	7.42
Índia	29	24	6.95
Brasil	30	25	5.49

Fonte: KPMG, 2020

Em outubro de 2016, o núcleo de estudos e pesquisas da consultoria legislativa do Senado Federal brasileiro publicou o estudo: Considerações sobre os Veículos Autônomos – possíveis impactos econômicos, urbanos e das relações jurídicas. Nesse estudo, os consultores responsáveis pela publicação destacaram os impactos dos VAs no trânsito, segurança viária, espaço urbano e uso do solo. Também consideraram as possíveis consequências econômicas, jurídicas de responsabilidade civil, penais e admirativas. O estudo aponta em sua conclusão de que as mudanças positivas da popularização dos VAs serão grandes, mas mostra preocupações técnicas e jurídicas que dependem de atuação ativa do parlamento brasileiro. (OLIVEIRA e LEAL, 2016).

Em 31 de dezembro de 2021, o Ministério da Infraestrutura incluiu na agenda regulatória prioritária do Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN) para o biênio 2021-2022 o tema de regulamentação dos VAs.

O Brasil, além de ser um grande fabricante mundial de veículos, está inserido no comércio mundial de importações de veículos, incluindo os veículos Tesla que já podem ser comprados, através de importadoras independentes. Alguns modelos da Tesla possuem uma versão de *software* que indica a possibilidade de “full self-driving” (autodireção completa) que na realidade não é uma direção autônoma, mas sim uma função que possibilita certa autonomia do veículo, mas com supervisão do motorista o que causou confusão e notícias de incidentes.

A reação do governo brasileiro, através do DENATRAN, será a de fazer uma primeira regulamentação desses veículos que prometem certa autonomia, com o objetivo de evitar acidentes. Trata-se de uma abordagem superficial sem a devida importância que esse tema merece.

COMENTÁRIOS FINAIS

Os EUA e Singapura são lugares onde a implementação de VAs está avançada, ainda que alguns acidentes tenham ocorrido.

No Brasil, uma das principais dificuldades é a adequação do arcabouço jurídico, muito complexo, antigo e concebido para a responsabilizar os condutores humanos em caso de acidentes.

Adicionalmente, o Brasil ainda não tem trabalhado na criação de políticas públicas que possibilitem a construção do caminho para a adoção da tecnologia dos VAS.

Quando existirem políticas públicas que fomentem o desenvolvimento, através da integração com universidades, centros de tecnologia e inovação, indústria automobilística e desenvolvedores de *software*, as implementações dos VAs podem acelerar. Entre as políticas públicas, destacamos: a isenção de impostos e taxas para aumentar a compra dos VAs; isenção ou baixos preços dos pedágios nas estradas; incentivo ao compartilhamento dos VAs e, descontos para estacionamento dos VAs nas vias públicas. Existe, também, a possibilidade de dedicar faixas exclusivas para os VAs, fomentar a substituição das frotas de veículos públicos e privados por VAs, financiamentos com taxas subsidiadas pelo governo e a parceria com empresas para implementar a solução nos transportes públicos, entre outras políticas que, se coordenadas, podem acelerar o crescimento das frotas de VAs.

Um dos riscos de uma implementação não planejada e direcionada pelo uso individual e não compartilhado dos VAs pode gerar aumento dos congestionamentos e seus efeitos negativos para o meio ambiente e sociedade, uma vez que o através do aumento da velocidade e do interesse por mais viagens fomentadas pelos atrativos dos VAs poderá deixar o transporte público esvaziado. Outra preocupação que reside no uso individual é a logística de seu uso. Quando alguém usa seu VA para ir para o escritório, esse precisará ser estacionado ou poderá voltar para sua residência, aumentando o tempo dos congestionamentos nas manhãs e no final do dia. (LITMAN, 2018).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ideia de um carro sem motorista pode parecer possibilidade distante, mas a tecnologia de automação está melhorando rapidamente e alguns recursos semiautônomos já são oferecidos nos modelos de veículos atuais. Essa nova tecnologia tem potencial para reduzir colisões, aliviar o congestionamento, melhorar a economia de combustível, reduzir as necessidades de estacionamento, trazer mobilidade para aqueles que não podem dirigir e, com o tempo, mudar drasticamente a natureza das viagens. Esses impactos terão benefícios reais e quantificáveis.

Um século atrás, os carros se tornaram uma solução inesperada para as cidades engolfadas pelo tráfego de veículos movidos a cavalos e detritos de animais. Pega de surpresa, a maioria dos planejadores urbanos respondeu de forma reativa, com alguns *designers* urbanos visionários, como Le Corbusier, considerando os carros como a força motriz das cidades do futuro. Em sua trilha, cidades ao redor do mundo destruíram centros urbanos e criaram um labirinto de rodovias urbanas. Logo os carros apresentavam uma nova gama de problemas, particularmente devido ao mau planejamento e abordagem do *design* urbano.

Hoje, com o surgimento dos VAs, temos mais uma oportunidade de repensar a vida urbana e o *design* da cidade. Em vez de pensar de forma reativa, argumentamos que os *designers*, legisladores e o governo deveriam abraçar os VAs como um catalisador das transformações urbanas. Como acontece com qualquer inovação tecnológica, existem armadilhas potenciais à frente. Uma dessas armadilhas é um espraiamento e aumento na expansão urbana, uma vez que os motoristas se livram do fardo de dirigir. Mais expansão urbana significa mais viagens no tempo, maior consumo de energia e mais emissões de poluentes. A expansão também significa menos centros urbanos ativos, interações sociais e investimentos em transporte público, que dependem da densidade para serem economicamente viáveis. A introdução de

VAs nas cidades representa uma oportunidade única de imaginar a maneira como pensamos e projetamos o espaço viário.

Através de uma pesquisa bibliográfica extensa, este trabalho apresentou a história do surgimento dos VAs até a realidade atual, mostrando os detalhes da complexa tecnologia embarcada e seus desafios para atingir a automação completa. Como toda nova tecnologia, os desafios são enormes, seja pelos riscos ou pela aceitação humana. Qualquer desconfiança de segurança de estar em um VA pode atrasar sua implementação, uma vez que não faltam exemplos de acidentes e problemas enfrentados nos testes realizados, principalmente nos EUA.

A mobilidade sustentável e suas promessas de melhora na qualidade de vida dos moradores das cidades pode encontrar nos VAs seu maior aliado. Analisamos e detalhamos os benefícios, riscos e custos relacionados aos VAs que depende de um acompanhamento muito próximo dos governos e legisladores, caso contrário poderá resultar em mais poluição, congestionamentos e acidentes

Atualmente, os veículos duram mais, custam mais e são mais regulamentados do que a maioria dos outros bens de consumo. Como resultado, as tecnologias de veículos demoram mais para penetrar e serem regulamentadas pelos governos e legisladores do que a maioria dos outros setores, além do risco de não serem aceitas pelo público em geral. Para confirmar essa dificuldade, descrevemos o estudo de caso da obrigatoriedade do uso dos *airbags* nos EUA, que depois foi implementado em todo o mundo. Já na realidade brasileira, apresentamos o estudo de caso da dificuldade de regulamentação dos transportes alternativos de *vans* e *kombis* em algumas capitais brasileiras e o fiasco que foi a implementação das patinetes elétricas que ajudou na falência de seus operadores. Esses exemplos serviram de subsídio para mostrar que a legislação brasileira é complexa e os desafios para o uso dos VAs serão enormes no Brasil.

Mesmo com todos os desafios tecnológicos, jurídicos e de regulamentação, a implementação dos VAs está bastante adiantada em lugares, como EUA e Singapura – esse último é líder não apenas nos testes com VAs, mas com o uso real dos VAs para o transporte de pessoas e o transporte logístico, conforme apresentamos no capítulo 4.

Todd Litman (2018) – conforme descrevemos no capítulo 1 – prevê que os VAs serão seguros e confiáveis até 2025. Mas alguns anos a mais serão necessários para testes e aprovação regulamentar, portanto, até 2030, os VAs podem estar comercialmente disponíveis e autorizados a operar em muitas áreas. Se seguirem o padrão das tecnologias veiculares anteriores, durante os anos 2030 e, provavelmente 2040, os VAs, terão um desempenho limitado, às vezes incapazes de chegar a um destino desejado ou exigindo intervenção humana, quando se deparam com situações inesperadas, mas já com uma automação possível de gerar impacto no dia a dia das cidades.

É difícil enfatizar o quão importante e urgente é explorar a viabilidade dos VAs agora, e não quando esses já estiverem circulando amplamente em nossas estradas. Como foi mencionado na introdução, a chegada dos aplicativos como Uber e 99Taxis provocaram uma mudança no comportamento das cidades – imagine se o mesmo percentual de 3% de VAs nas cidades. Não vai ser fácil descobrir. Levará tempo e recursos para projetar e implementar as soluções urbanas, programas, regras, incentivos, leis e outros fatores exigidos para transição e adoção dos VAs nas cidades. Temos a falsa impressão de que ainda temos muito tempo para essa chegada, mas há uma janela de oportunidade que se estreita rapidamente para corrigir o curso da maneira como temos construído as cidades e reverter consequências e comportamentos negativos que foram provocados pelos automóveis nas cidades. Temos a oportunidade de intervir antes que os hábitos se consolidem e a infraestrutura esteja profundamente cimentada.

A COVID-19 deve ser uma chamada para o despertar. Um alerta não só para a constatação de que os negócios normais não devem continuar, mas

também para a urgência que se exige de nós para agirmos. Precisamos tomar medidas agora, antes que isso saia do controle.

Conforme apresentado ao longo desse trabalho, a adoção de VAs parece ainda ser uma realidade distante no Brasil, pois quase não existem iniciativas de desenvolvimento ou estudos. Para chegar à situação de um VA começar a rodar nas ruas, haverá impacto em todo o ecossistema envolvido na mobilidade, com a necessidade de adaptação das rotinas das cidades e das pessoas. Conforme descrevemos no capítulo 4, a primeira iniciativa do governo brasileiro em relação aos VAs foi feita no final de 2021, na qual o Ministério da Infraestrutura incluiu na agenda regulatória do Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), para o biênio 2021-2022, o tema de regulamentação dos VAs.

Regulamentações, incentivos e restrições dos governos e dos legisladores provavelmente têm o papel mais importante a desempenhar na implementação dos VAs. Com eles está a capacidade de permitir ou proibir, tributar ou subsidiar, restringir ou encorajar todo e qualquer possível impacto dos VAs. Com essa revolução da mobilidade, surge a oportunidade de evitar os erros do passado, aqueles que a revolução do transporte anterior causou nas cidades norte-americanas. Erros de meio século de desenvolvimento voltado para o carro que deixaram de lado os desafios econômicos e ambientais.

Os desafios são grandes, ainda que os benefícios sejam promissores, existem riscos que estão relacionados aos aspectos de segurança, responsabilidade civil, privacidade e segurança cibernética, que precisam ser endereçados adequadamente a fim de que a confiança nessa nova tecnologia não seja uma barreira para sua implementação.

REFERÊNCIAS

ABDULLAH, Z. Two Firms to Test Driverless Cars for Last-mile Trips; Service Set to Start by 2018. 2018. **The Straitistimes**. Disponível: <http://www.straitstimes.com/singapore/transport/two-firmsto-test-driverless-cars-for-last-mile-trips-service-set-to-start-by>. Acesso: 22 nov. 2021.

ACKERMAN, E. After Mastering Singapore's Streets Nutionomy's Robot taxis Are Poised to Take on New Cities. **IEEE Spectrum**. 2016. Disponível em: <https://spectrum.ieee.org/transportation/self-driving/after-mastering-singapores-streets-nutionomys-robotaxis-are-poised-to-take-on-new-cities> Acesso: 20 abr. 2021.

ALESSANDRINI, A., CAMPAGNA, A., DELLE SITE, P., FILIPPI, F. e PERSIA, L. Automated Vehicles and the Rethinking of Mobility and Cities. **Transportation Research Procedia**, vol. 5, p. 145-160, 2015. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2015.01.002>. Acesso: 08 nov. 2021.

ALTOAIMY, L. e MAHGOUB, I. Fuzzy Logic Based Localization for Vehicular Ad Hoc Networks. **IEEE, Symposium on Computational Intelligence in Vehicles and Transportation Systems (CIVTS)**, 2014. Disponível: <https://www.semanticscholar.org/paper/Fuzzy-logic-based-localization-for-vehicular-ad-hoc-Altoaimy-Mahgoub/e249ded1bbe2c5d7dc9d5f6c27644bbb3357775b>. Acesso: 01 nov. 2021.

AMERICAN AUTOMOBILE ASSOCIATION. **Americans Remain Afraid of Fully Self-Driving Vehicles**. 2019. Disponível: <https://www.aaa.com/autorepair/articles/many-americans-remain-afraid-of-fully-self-driving-vehicles>. Acesso: 09 nov. 2021.

ANDERSON, James M.; KALRA, Nidhi; STANLEY, Karlyn D.; SORENSEN, Paul; SAMARAS, Constantine e OLUWATOBA, Oluwatobi A. **Autonomous Vehicle Technology – A Guide for Policymakers**, 2016. Disponível: https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR443-2.html. Acesso: 01 nov. 2021.

ARANHA, Valmir. Mobilidade Pendular na Metrópole Paulista. **São Paulo em Perspectiva**, vol. 19, no 4, p. 96-109, dez. 2005. Disponível: <https://doi.org/10.1590/S0102-88392005000400006>. Acesso: 08 nov. 2021.

ARUP. **Autonomous, Connected, Electric and Shared Vehicles. Reimagining transport to drive economic growth**. Arup Group Limited. 2017.

AUTONOMOUS CARS. **An In-Depth Analysis of Autonomous Cars [online]**. 2012. Disponível: <http://autonomouscars.com/?p=4>. Acesso: 28 set. 2015.

BAGLOEE, S. A; TAVANA, M. e ASADI, M. **Autonomous Vehicles: Challenges, Opportunities, and Future Implications for Transportation Policies**. 2016. Disponível: <https://www.hv.se/en/education/degree-programmes/master-in-international-business/>. Acesso: 22 nov. 2021.

BALASSIANO, R. Transporte por Vans – o que Considerar no Processo de Regulamentação? **Revista Transportes**, v.4. n.1, 1996.

BANKS, V. A.; PLANT, K. L. e STANTON, N. A. Driver Error or Designer Error: Using the Perceptual Cycle Model to Explore the Circumstances Surrounding the Fatal Tesla Crash on 7th May 2016. **Safety Science**, n. 108, p. 278–285, 2018.

BATAGAN, L. **Smart Cities and Sustainability Models**. Informática Econômica, v. 15, n. 3, p. 80-87, 2011.

BEGG, D. **A 2050 vision for London: What are the implications of driverless transport?** London: Transport Times, 2014.

BELLOVIN, S.M. Attack Surfaces. **IEEE Security and Privacy**, vol. 14, n. 3, p. 88, 2016. Disponível: <https://www.cs.columbia.edu/~smb/papers/>. Acesso: 08 nov. 2021.

BERTONCELLO, Michele e WEE, Dominik, **Ten Ways Autonomous Driving Could Redefine the Automotive World**, June 2015. McKinsey's. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/ten-ways-autonomous-driving-could-redefine-the-automotive-world> Acesso: 20 abr. 2021.

BISCHOFF, J. e MACIEJEWSKI, M. Simulation of Citywide Replacement of Private Cars with Autonomous Taxis in Berlin. **Procedia Computer Science**, 83, 237–244, 2016.

BOSSO, C. Settling into the Midstream? Lessons for Governance from the Decade of Nanotechnology. **J Nanopart Res**, vol. 18, n. 163, 2016. Disponível: https://economics.harvard.edu/files/economics/files/bosso-christopher_jnr_11-4-16_0.pdf. Acesso: 08 nov. 2021.

BOYKO, C.T. *et al.* Addressing Sustainability Early in the Urban Design Process. **Management of Environmental Quality - Bradford**, v. 17, n. 6, p. 689-706, 2006.

BRASIL, Cidades. **Caderno de Referência para Elaboração do Plano de Mobilidade Urbana**. Ministério das Cidades: Brasília, 2007. Disponível em: <http://planodiretor.mprs.mp.br/arquivos/planmob.pdf> Acesso: 20 abr. 2021.

BRASIL. Constituição. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Centro Gráfico, 1988.

BRODSKY, J. S. Autonomous Vehicle Regulation: How an Uncertain Legal Landscape may hit the Brakes on Self-driving Cars. **Berkeley Technology Law Journal**, vol. 31, n. 2, 851–878, 2016.

BROUSSARD, Meredith. **The Dirty Truth Coming for Self-Driving Cars: Trash. Odors. Bodily Fluids. Will Autonomous Rideshares be Ready for our Mess?** 2018. Disponível: <https://slate.me/2Ls9Irl>. Acesso: 20 abr. 2021.

BULLIS, Kevin. Will Automated Cars Save Fuel. **MIT Technology Review**. 23 April, 2012. Web. Disponível: <https://www.technologyreview.com/s/427503/will-autonomous-cars-save-fuel/>. Acesso: 20 abr. 2021.

CAMPBELL, M; EGERSTEDT, M; HOW, J. P. H. e MURRAY, R. Autonomous Driving in Urban Environments: Approaches, Lessons and Challenges. **Philosophical Transactions of The Royal Society A Mathematical Physical and Engineering Sciences**, vol. 368, n. 1928, p. 4649-72. 2018. Disponível: https://www.researchgate.net/publication/46158248_Autonomous_driving_in_urban_environments_Approaches_lessons_and_challenges. Acesso: 10 nov. 2021.

CARGURUS. **Looks like You're Lost on Interstate 404**. 2018. Disponível: https://www.cargurus.com/press/cargurus_survey_finds_car_owners_not_ready_self_driving_cars.html. Acesso: 09 nov. 2021.

CARP, J. Autonomous Vehicles: Problems and Principles for Future Regulation. **University of Pennsylvania Journal of Law & Public Affairs**, vol. 4, n.1, 2018. Disponível: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3305990. Acesso: 10 nov. 2021.

CAULA, R. Navia Robotic Self-driving Electric Shuttle Car by Induct. **Designboom**. 19 ago. 2013. Disponível em: <http://www.designboom.com/technology/navia-self-driving-electric-shuttle-car-begins-trial-in-singapore> Acesso: 10 mai. 2021.

CYGANSKI, R., FRAEDRICH, E e LENZ, B. Travel-Time Valuation for Automated Driving: A Use-case-driven study. **Proceedings of the 94th Annual Meeting of the TRB**. 2015. Disponível: https://www.researchgate.net/publication/273383058_Travel-time_valuation_for_automated_driving_A_use-case-driven_study. Acesso: 22 nov. 2021.

CLARK, Bem; PARKHURST, Graham e RICCI, Miriam. **Introducing Driverless Cars to UK Roads. Understanding the Socioeconomic Adoption Scenarios for Autonomous Vehicles: A Literature Review**. 2016. Disponível: <https://dokumen.tips/amp/documents/introducing-driverless-cars-to-uk-roads-2019-08-26-introducing-driverless-cars.html>. Acesso: 22 nov. 2021.

CERVERO, R., KOCKELMAN, K. Travel Demand and the 3 D's: Density, Diversity, and Design. **Transport. Res. Part D: Transport Environ**, vol.2, n. 3, p.199–219, 1997.

CETRAN. **Centre of Excellence for Testing & Research of AVs**. NTU, 2018. Disponível: <http://erian.ntu.edu.sg/Programmes/IRP/FMSs/Pages/Centre-of-Excellence-for-Testing-Research-of-AVs-NTUCETRAN.aspx>. Acesso: 20 abr. 2021.

CHEN, T. D. **Management of a Shared, Autonomous, Electric Vehicle Fleet: Vehicle. Choice, Charging Infrastructure & Pricing Strategies**. Dissertation, University of Texas at Austin, 2015.

CHOAY, Françoise. **O Urbanismo, Utopias e Realidade, uma Antologia**. São Paulo: Perspectiva: 2013.

CITY OF TORONTO. **Draft Automated Vehicles Tactical Plan**. 2019. Disponível em https://www.toronto.ca/wp-content/uploads/2020/02/7ec4-TS_AV-Tactical-Plan_Technical-Report.pdf. Acesso: 08 nov. 2021.

CLEAN AIR PARTNERSHIP. **Smart Mobility for Public Transportation Webinar**. 2019. Disponível: <https://pantonium.com/smart-mobility-for-public-transportation-webinar-by-clean-air-partnership/>. Acesso: 01 nov. 2021.

CLEMENTS, L. M., e KOCKELMAN, K. M. Economic Effects of Automated Vehicles. **Presented at the 96th Annual Meeting of the Transportation Research Board**, January 2017.

COCA-VILA, I. Self-Driving Cars in Dilemmatic Situations: An Approach Based on the Theory of Justification in Criminal Law. **Criminal Law and Philosophy**, vol. n. 1, p. 59–82, 2018.

COLLINGWOOD, L. Privacy Implications and Liability Issues of Autonomous Vehicles. **Information & Communications Technology Law**, vol. 26, n. 1, p. 32–45, 2017.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. CMMAD. **Nosso Futuro Comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988. Disponível em <https://www.scielo.br/j/ram/a/Xv3r9ypsxNsjLtTqtPCBnJP/?lang=pt>. Acesso: 22 nov. 2021.

COPPOLA, Pierluigi e SILVESTRI, Fulvio. **Autonomous Vehicles and Future Mobility Solutions**. University of Rome Tor Vergata, Italy, 2019.

CUNHA, Maria Alexandra; PRZEYBILOVICZ, Erico; MACAYA, Javiera Fernanda Medina e BURGOS, Fernando. **Smart Cities: Transformação Digital de Cidades**. São Paulo: Programa Gestão Pública e Cidadania – PGPC, 2016.

DAVIES, A. Arizona Won't be the Last Place to Micromanage Robocars. **Wired**. 2018. Disponível: <https://www.wired.com/story/uber-self-driving-crash-arizonasuspend-testing-ducey-governor/>. Acesso: 22 nov. 2021.

DAVIS, F., BAGOZZI, R. e WARSHAW, P. User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models. **Management Science**, n. 35, p. 982-1003, 1989. Disponível: https://www.researchgate.net/publication/227446117_User_Acceptance_of_Computer_Technology_A_Comparison_of_Two_Theoretical_Models. Acesso: 10 nov. 2021.

DELOITTE, T. T. Insights about Digital Transformation and ICT Opportunities for Brazil. **Report and Recommendations**, Edition n. 2, January 2019. Disponível: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/br/Documents/technology-media-telecommunications/ICT-insights-report-port.pdf>. Acesso: 09 nov. 2021.

DELUCA, Angela. **Ending the Search for Parking, Urbanism Next**. 2018. Disponível: <https://urbanismnext.uoregon.edu>. Acesso: 09 nov. 2021.

DHAR, V. Equity, Safety, and Privacy in the Autonomous Vehicle Era. **Computer**, vol. 49, n. 11, p. 80–83, 2016.

DODGEB, M. e KITCHIN, Rob. The (In) Security of Smart Cities: Vulnerabilities, Risks, Mitigation, and Prevention. **Journal of Urban Technology**. Vol. 26, n. 2, p. 47–65. 2019. Disponível: <https://doi.org/10.1080/10630732.2017.1408002>. Acesso: 08 nov. 2021.

DOPART, Kevin e FEIGENBAUN, Baruch. **E-mail interview**. 12 July 2017. In-person. Disponível: <https://reason.org/wp-content/uploads/2018/03/autonomous-vehicles-guide-for-policymakers.pdf>. Acesso: 08 nov. 2021.

DOWNES, Larry. The Right and Wrong Way to Regulate Self-Driving Cars. **Harv. Bus. Rev.** Dec. 6, 2016. Disponível: <https://hbr.org/2016/12/the-right-and-wrong-ways-to-regulate-self-drivingcars>. Acesso: 08 nov. 2021.

DUARTE, F. e RATTI, Carlo. The Impact of Autonomous Vehicles on Cities: A Review. **Journal of Urban Technology**. 27 Jul 2018, p. 06. Disponível: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10630732.2018.1493883>. Acesso: 01 nov. 2021.

ETZKOWITZ, H. The Triple Helix of University-Industry-Government: Implications for Policy and Evaluation. **Science Policy Institute**. Working Paper, 2002-2011.

EUROPEAN COMISSION. **Connected and Automated Transport Studies and reports**. Directorate-General for Research and Innovation. Smart, Green and Integrated Transport, 2017.

EVANS, D. J. e HERBERT, D.T. **Geography of Crime**. London: Routledge, 1989.

FAGNANT, Daniel J.e KOCKELMAN, Kara. **Preparing a Nation for Autonomous Vehicles: Opportunities, Barriers and Policy Recommendations**. 2015. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0965856415000804>. Acesso: 08 nov. 2021.

FALCONER, Z. e FELDER, M. **Mobility-as-a-Service. The Value Proposition for the Public and Our Urban Systems**. 2018. Disponível: <https://www.marsdd.com/wp-content/uploads/2018/04/Mobility-as-a-Service-the-value-proposition-Mar18.pdf>. Acesso: 08 nov. 2021.

FEIGENBAUM, B. **Autonomous Vehicles: A Guide for Policymakers**. 2018. Reason Foundation. Disponível: <https://reason.org/wp-content/uploads/2018/03/autonomous-vehicles-guide-for-policymakers.pdf>. Acesso: 22 nov. 2021.

FENABRAVE. **Guia de Melhores Práticas para Aplicação da Lei Geral de Proteção de Dados**. 2020.

FERREIRA, Mauro. 2015. **Políticas Públicas de Mobilidade Urbana**. Franca: UNESP-FCHS. Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Análise de Políticas Públicas. Disponível em: (<https://www.franca.unesp.br/Home/Pos-graduacao/-planejamentoeanalisedepoliticaspUBLICAS/notas-de-trabalho---lap-n.-01.pdf>). Acesso: 20 abr. 2021.

FLEETWOOD, J. Public Health, Ethics, and Autonomous Vehicles. **American Journal of Public Health**, vol. 107, n. 4, p. 532–537, 2017.

FRITH, J. Communicating Behind the Scenes: A Primer on Radio Frequency Identification (RFID). **Mobile Media and Communication**, vol. 3, n.1, p. 91–105, 2015.

FULTON, Lew; MASON, Jacob e MEROUX, Dominique. Three Revolutions in Urban Transportation. **UC Davis and ITDP**. 2017. Disponível: www.itdp.org/publication/3rs-in-urban-transport. Acesso: 22 nov. 2021.

GEELS, F. A Socio-Technical Analysis of Low-Carbon Transitions: Introducing the multi-level perspective into transport studies. **Journal of Transport Geography**, n. 24, p. 471-482, 2012.

GEELS, F. The Dynamics of Transitions in Socio-technical Systems: A Multi-level Analysis of the Transition Pathway from Horse-drawn Carriages to Automobiles (1860–1930). **Technology Analysis and Strategic Management**, vol. 17, n. 4, p. 445-476, 2005. Disponível: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09537320500357319>. Acesso: 10 nov. 2021.

GOMIDE, A. A. Licitações no Transporte Urbano por Ônibus. **Revista dos Transportes Públicos**, v. 22, 2000.

GOVERNORS HIGHWAY SAFETY ASSOCIATION. GHSA. **Autonomous Vehicles**. s.d. Disponível: <https://www.ghsa.org/state-laws/issues/autonomous%20vehicles>. Acesso: 01 nov. 2021.

GLANCY, D. J. **Privacy in Autonomous Vehicles**. Santa Clara Law Review, vol. 52, n. 4, p. 1171–1239, 2012.

GLASSBRENNER, Donna, **Estimating the Lives Saved by Safety Belts and Airbags**. Nation Center for Statistics and Analysis, National Highway Traffic Safety Administration, artigo 500, Washington DC, set. 2013, Disponível: <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/nrd-01/esv/esv18/CD/files18ESV-000500.pdf> Acesso: 20 abr. 2021.

GONÇALVES, C. R. **Direito Civil Brasileiro: Contratos e Atos Unilaterais**. 8. ed. São Paulo: Saraiva, 2011. v. 3.

GROVES, David G. e KALRA, Nidhi. Enemy of Good: Autonomous Vehicle Safety Scenario Explorer. **Rand Corporation**, 2017. Disponível: www.rand.org/pubs/tools/TL279.html. Acesso: 08 nov. 2021.

GRUSH, B; NILES, J. e BAUM, E. Ontario Must Prepare for Vehicle Automation: Automated Vehicles Can Influence Urban Form, Congestion, and Infrastructure Delivery. **Residential and Civil Construction Alliance of Ontario (RCCAO)**, October 2016. Disponível em http://rccao.com/research/files/RCCAO_Vehicle-Automation_OCT2016_WEB.pdf Acesso: 20 abr. 2021.

GUPTA, J. Global Sustainable Development Governance: Institutional Challenges from a Theoretical Perspective. **International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics**, v. 2, n. 4, p. 361-361, 2002.

GURNEY, J. K. Sue My Car Not Me: Products Liability and Accidents Involving Autonomous Vehicles. **Journal of Law, Technology & Policy**, vol. 2013, no. 2, p. 247-277, 2013.

HARRISON, C. e DONNELLY, I. A. **A Theory of Smart Cities**. White Paper, IBM Corporation, 2011. Disponível: <http://journals.issn.org/index.php/proceedings55th/article/viewFile/1703/572>. Acesso: 25 jul. 2021.

HEINRICHS, D. Autonomes Fahren und Stadtstruktur. In: Maurer M., Gerdes J., Lenz B., Winner H. (eds). **Autonomes Fahren**. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg. 2015. Disponível: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-45854-9_11. Acesso: 22 nov. 2021.

HITECH ELECTRIC. **Hitech Electric Lança Primeiro Carro Elétrico Autônomo do Brasil**, 2020. Disponível: <http://abrapark.com.br/site/hitech->

electric-lanca-primeiro-carro-eletrico-autonomo-do-brasil/#:~:text=A%20Hitech%20Electric%2C%20empresa%20de,tem%20autonomia%20de%20100%20km. Acesso: 10 nov. 2021.

HO, T., **A No Nonsense Explanation on Why Cars In Singapore Are So Expensive**. 2019. DollarsAndSense.sg. Disponível: <https://dollarsandsense.sg/no-nonsense-explanation-on-why-carsin-singapore-are-so-expensive/>. Acesso: 08 nov. 2021.

HOLMBERG, P. E., COLLADO, M., SARASINI, S., e WILLIANDER, M. Mobility as a Service: Describing the Framework. 2016. **Digitala Vetenskapliga Arkivet**. Disponível: <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1043942&dswid=-8241>. Acesso: 01 nov. 2021.

HÖRL, S.; CIARI, F. e AXHAUSEN, K.W. Recent Perspectives on the Impact of Autonomous Vehicles. **Arbeitsberichte Verkehrs-und Raumplanung**. 2016a. Disponível: doi:10.13140/RG.2.2.26690.17609. Acesso: 08 nov. 2021.

HÖRL, S.; CIARI, F. e AXHAUSEN, E K. W. Recent Perspectives on the Impact of Autonomous Vehicles. **Working Paper**. Ivt, Eth Zurich, set. 2016b. Disponível: <https://Doi.Org/10.3929/Ethz-B-000121359>. Acesso: 08 nov. 2021.

HOUSTON, David J. e RICHARDSON JUNIOR, Liliard E., The Politics of *Airbag* Safety: A Competition Among Problem Definitions. **Jornal de Estudos Políticos**, vol. 28, n. 3, p 485-501, ago. 2000.

HSU, Jeremy. When It Comes to Safety, Autonomous Cars Are Still 'Teen Drivers'. **Scientific American**. 2017. Disponível: www.scientificamerican.com. Acesso: 08 nov. 2021.

IEEEEXPLORE. **A Survey of the State-of-the-Art Localization Techniques and Their Potentials for Autonomous Vehicle Applications**. 2018. Disponível em <https://ieeexplore.ieee.org/document/8306879/>. Acesso: 08 nov. 2021.

INHABITAT. **Singapore's First Driverless Electric Vehicle Hits the Streets for Testing**. 2012. Disponível em: <https://inhabitat.com/singapores-first-driverless-electric-vehicle-hits-the-streets-for-testing/induct-navia-driverless-electric-vehicle-2/> Acesso: 10 mai. 2021.

INRIX. **Traffic Congestion Cost UK Motorists More Than £30 Billion in 2016**; INRIX: London, UK, 2017.

INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO. USP-SÃO CARLOS. **Laboratório de Robótica Móvel**. 2015. Disponível: <http://www.lrm.icmc.usp.br/web/index.php?n=Port.Home>. Acesso: 10 nov. 2021.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONOMICA E APLICADA. IPEA. **Infraestrutura Social e Urbana no Brasil: subsídios para uma agenda de pesquisa e**

formulação de políticas públicas - a mobilidade urbana no Brasil.

Comunicados do IPEA, v. 94. IPEA, Rio de Janeiro, 2011.

IREM, Kok *et al.* **Rethinking Transportation 2020-2030: Disruption of Transportation and the Collapse of the Internal-Combustion Vehicle & Oil Industries**. 2017. Disponível: www.rethinkx.com. Acesso: 10 nov. 2021.

ITF. Safer Roads with Automated Vehicles? **International Transport Forum**. 2018. Disponível: www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/safer-roads-automated-vehicles.pdf. Acesso: 10 nov. 2021.

ITS JOINT PROGRAMS OFFICE. **How Connected Vehicles Work**. 2015. Disponível: http://www.its.dot.gov/factsheets/pdf/JPO_HowCVWork_v3.pdf. Acesso: 05 mar. 2017.

JAIN, N. O'REILLY, J. e SILK, N. Driverless Cars: Insurers Cannot be Asleep at the Wheel. **2015. Bank Underground – Bank of England**. Disponível: <http://bankunderground.co.uk/2015/06/19/driverlesscars-insurers-cannot-be-asleep-at-the-wheel/> Acesso: 10 nov. 2021.

JO, K.; KIM, J.; KIM, D; JANG, C. and SUNWOO, M. Development of Autonomous Car - Part I: Distributed System Architecture and Development Process. **IEEE Transactions on Industrial Electronics**, vol. 61, no. 10, p. 7131-7140, 2014.

JURGEN, R. **Automotive Electronics Handbook**, 2nd Edition. McGraw Hill, 2000.

LABORATÓRIO DE SISTEMA DE COMPUTAÇÃO ROBÓTICA. **CORO. Computação e Robótica**. s.d. Disponível: <http://coro.cpdee.ufmg.br/>. Acesso: 10 nov. 2021.

KANE, M.; WHITEHEAD, J. How to Ride Transport Disruption: A Sustainable Framework for Future Urban Mobility. **Aust. Plan**. 2018, p. 1–9.

KAMARGIANNI, M.; LI, W.; MATYAS e M. SCHAFFER, M. A Critical Review of New Mobility Services for Urban Transport. **Transportation Research Procedia**, v. 14, p. 3294 – 3303, 2016.

KITCHIN, Rob e DODGEB, Martin. The (In)Security of Smart Cities: Vulnerabilities, Risks, Mitigation, and Prevention. **Journal of Urban Technology**. Vol. 26, n. 22, p. 47-65, 2019.

KOCKELMAN, Kara *et al.* **Implications of Connected and Automated Vehicles on the Safety and Operations of Roadway Networks**, University of Texas Center for Transportation Research. 2016. Disponível: <http://library.ctr.utexas.edu/ctr-publications/0-6849-1.pdf>. Acesso: 10 nov. 2021.

KOOPMAN, Phillip; WAGNER, Michael. **Autonomous Vehicle Safety: An Interdisciplinary Challenge**. *IEEE Intelligent Transportation Systems*, vol. 9, no. 1, 2017. Disponível: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7823109>. Acesso: 08 nov. 2021.

KORNHAUSER, A. L., **Smart Driving Cars**. 2013. Disponível: <http://smartdrivingcar.com/ataxis-for-nj-08.11.13.html> Acesso: 20 abr. 2021.

KOVACS, Paul. Automated Vehicles, Implications for the Insurance Industry in Canada. **The Insurance Institute of Canada**, 2016. Disponível: <https://search.informit.com.au/documentSummary;dn=365036984144993;res=I> ELENG. Acesso: 20 abr. 2021.

KPMG. **Autonomous Vehicles Readiness Index 2019**. 2019. KPMG, Australia. Disponível: <https://home.kpmg/au/en/home/insights/2019/02/2019-autonomous-vehicles-readiness-index.html>. Acesso: 08 nov. 2021.

KPMG. **Autonomous Vehicles Readiness Index 2020**. 2020. Disponível: <https://home.kpmg/xx/en/home/insights/2020/06/autonomous-vehicles-readiness-index.html>. Acesso: 08 nov. 2021.

KPMG. **Índice de Prontidão para o Uso de Veículos Autônomos de 2020**. 2020. Disponível: <https://home.kpmg/br/pt/home/insights/2020/08/autonomous-vehicles-readiness-index-2020.html>, Acesso: 08 nov. 2021.

KPMG. Self-Driving Cars: The Next Revolution. **KPMG and the Center for Automotive Research**. 2012. Disponível: www.kpmg.com/Ca/en/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/Documents/self-driving-cars-next-revolution.pdf. Acesso: 25 nov. 2015.

KUUTI, Sampo; FALLAH, Saber; KATSAROS, Konstantinos; DIANATI, Mehrdad; MCCULLOUGH, Francis e MOUZAKITIS, Alexandros. A Survey of the State-of-the-Art Localization Techniques and Their Potentials for Autonomous Vehicle Applications. **IEEE Internet of Things Journal**, Volume: 5, Issue: 2, April 2018. Disponível: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8306879/authors#authors>. Acesso: 17 nov. 2021

LARIS, M Backup Driver in Fatal Self-Driving Uber Crash was Streaming Hulu. **The Washington Post**. 2018. Disponível: https://www.washingtonpost.com/news/drgridlock/wp/2018/06/22/uber-safety-drivers-phone-was-streaming-the-voice-ahead-ofdeadly-driverless-crash-police-find/?noredirect=on&utm_term=.62780b5cc021. Acesso: 22 nov. 2021.

LATIN AMERICAN NEWS AGENCY. LANA. **Use of Electric Cars for Public Servants in Brasilia was Launched**. 7 de outubro de 2019. Disponível: <https://publications.iadb.org/publications/english/document/The-Incorporation-of-Electric-Cars-in-Latin-America.pdf>. Acesso: 08 nov. 2021

LANG, N., MEI-POCHTLER, A., RÜßMANN, M., MOHR, J. Revolution Versus Regulation: The Make-or-Break Questions About Autonomous Vehicles, **Boston Consulting Group [online]**. Disponível: <https://www.bcgperspectives.com/content/articles/automotive-revolution-versus-regulation-make-break-questions-autonomous-vehicles/>. 2015. Acesso: 08 nov. 2021.

LARA, Fernando Luiz. A Arquitetura Moderna Brasileira e o Automóvel: O Casamento do Século. In: BALBIM, Renato; KRAUSE, Cleandro; LINKE, Clarisse Cunha (orgs.). **Cidade e Movimento: Mobilidades e Interações no Desenvolvimento Urbano**. Brasília: Ipea: ITDP, p. 131-142, 2016.

LAVRINC, D. **Exclusive: Google Expands its Autonomous Fleet with Hybrid Lexus RX450h**. Wired. 16 abr. 2012. Disponível em: <http://www.wired.com/2012/04/google-autonomous-lexus-rx450h>. Acesso: 10 mai. 2021.

LAWRENCE D. BURNS, W. C. J., **Transforming Personal Mobility, Scarborough** BA: The Earth Institute. Columbia University, 2012.

LE CORBUSIER. **A Carta de Atenas**. São Paulo: Hucitec/Edusp, 1993.

LEE, C. Grabbing the Wheel Early: Moving Forward on Cybersecurity and Privacy Protections for Driverless Cars. **Federal Communications Law**, vol. 69, p. 25–52, 2012.

LEI PÚBLICA FEDERAL AMERICANA, The Intermodal Surface Transportation Efficiency Act of 1991. **Public Law** 102-240. Disponível: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/STATUTE-105/pdf/STATUTE-105-Pg1914.pdf>. Acesso: 08 nov. 2021.

LIN, A.C. **Size Matters: Regulating Nanotechnology**. **The Harvard environmental law review: HELR**, vol. 31, n.2, January 2007. Disponível: https://www.researchgate.net/publication/200004393_Size_Matters_Regulating_Nanotechnology. Acesso: 08 nov. 2021.

LITMAN, I. Adronomous Vehicle Implementation Predictions: Implications for Planning. **Victoria Transport Policy Institute**. 2014. Disponível: <https://www.vtpi.org/avip.pdf>. Acesso: 01 nov. 2021.

LITMAN, T. **Generated Traffic and Induced Travel**. 2016. Victoria Transport Policy Institute. Disponível: <https://www.vtpi.org/gentraf.pdf>. Acesso: 10 nov. 2021.

LITMAN, T. **Autonomous Vehicle Implementation Predictions. Implications for transport Planning**. Victoria, Canada: Victoria Transport Policy Institute, 2017.

LITMAN, T. **Autonomous Vehicle Implementation Predictions. Describing the Limits of Existing Autonomous Vehicle Technology and Deployment**.

Victoria Transp. Policy Inst. 2018. Disponível: [Automated_Vehicles_Policy.pdf](#). Acesso: 10 nov. 2021.

LAND TRANSPORT AUTHORITY. LTA. Autonomous Vehicles to Transform Intra-Town Travel by 2022, **Joint News Release by the Land Transport Authority (LTA) & MOT. Land Transport Authority**. Disponível: <https://www.lta.gov.sg/apps/news/page.aspx?c=2&id=39787c15-ad56-4d1a-8ba9-4ea14860f9b4>. Acesso: 20 abr. 2021.

LU, N.; CHENG, N.; ZHANG, N; SHEN, X. and MARK, J.W. Connected Vehicles: Solutions and Challenges. **IEEE Internet of Things Journal**, vol. 1, no. 4, p. 289-299, 2014. Disponível: <http://ksuweb.kennesaw.edu/~she4/2015Summer/cs7860/Reading/42Connected%20Vehicles.pdf>. Acesso: 01 nov. 2021.

MACKAY Murray. **The Liability Maze: The Impact of Liability Law on Safety and Innovation**, Washington DC, p. 191-223, 1991.

MAHMASSANI, H.S. 50th Anniversary Invited Article – Autonomous Vehicles and Connected Vehicle Systems: Flow and Operations Considerations. **Transportation Science**, vol. 50, no. 4, p.1140–1162, 2016. Disponível: https://econpapers.repec.org/article/inmortsc/v_3a50_3ay_3a2016_3ai_3a4_3ap_3a1140-1162.htm. Acesso: 10 nov. 2021.

MAISTO, M. **Induct Now Selling Navia, First Self-Driving Commercial Vehicle**. eWeek. 1 jun. 2014. Disponível em: . <http://www.eweek.com/innovation/induct-now-selling-navia-first-self-driving-commercial-vehicle.html>. Acesso: 10 mai. 2021.

MAMANI, H. Alternativo, Informal, Irregular ou Ilegal? O Campo de Lutas dos Transportes Públicos. In: **CLACSO. El Rostro Urbano de América Latina**. Buenos Aires. 2004. Disponível: <http://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/gt/20100930022043/15p6art2.pdf>. Acesso: 22 nov. 2021.

MANAUGH, G. **A Burglar's Guide to the City**. New York: Farrar, Straus & Giroux, 2016.

MARCHANT, G. M., & LINDOR, R. A. The Coming Collision Between Autonomous Vehicles and the Liability System. **Santa Clara Law Review**, vol. 52, p. 1321, 2012.

MARKET FORECAST FOR CONNECTED AND AUTONOMOUS VEHICLES. TRANSPORT SYSTEMS. 2017. Disponível: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/642813/15780_TSC_Market_Forecast_for_CAV_Report_FINAL.pdf. Acesso: 08 nov. 2021.

MARKS, P. Hands off the Wheel. **New Scientist**, 31 Mars, p. 19, 2012.

MARSHAL Jerry L., David I. HARFST, **The Struggle for Auto Safety**. Cambridge, Harvard, 1990.

MARSHALL, A. e DAVIES, A. Waymo's Self-Driving Car Crash in Arizona Revives Tough Questions. 2018 **Wired**. Disponível: <https://www.wired.com/story/waymo-crashself-driving-google-arizona/>. Acesso: 22 nov. 2021.

MAUNSELI, D.; TANGUTURI, P.; HOGARTH, J. **Realising the Benefits of Autonomous Vehicles in Australia**. Accenture. 2014.

MAZUR, C. e BRANDON, N.B. Comparing the Effects of Vehicle Automation. Policymaking and Changed User Preferences on the Uptake of Electric Cars and Emissions from Transport. **Sustainability**, v. 10, n. 676, 2018.

MEIER, W. J.; ULFERTS, G. W.; HOWARD, T. L. Transforming City Governments Through IT. **The Review of Business Information Systems**. Fourth Quarter, v. 15, n. 4, 2011.

METZ, D. Future Transport Technologies for an Ageing Society: Practice and Policy. In **Transport, Travel and Later Life**. Emerald Publishing Limited: Bingley, UK, p. 207–220, 2017.

MORAS, J.; CHERFAOUI, V; BONNIFAIT, P. Credibilist Occupancy Grids for Vehicle Perception in Dynamic Environments. **IEEE International Conference on Robotics and Automation**. Shanghai, China. p.84-89, May. 2011.

MOSQUET, X., DAUNER, T; LANG, N. RÜBMANN, M; MEI-POCHTLER, A; AGRAWAL, R. and SCHMIEG, F. Revolution in the Driver's Seat. **The Boston Consulting Group**. 2015. Disponível: https://image-src.bcg.com/Images/BCG-Revolution-in-the-Drivers-Seat-Apr-2015_tcm9-64351.pdf. Acesso: 10 nov. 2021.

MOT. **Road Network**. Ministry of Transportation, Singapore. 2014. Disponível em: <https://www.mot.gov.sg/About-MOT/Land-Transport/Motoring/Road-Network>. Acesso: 20 abr. 2021.

MOT. **Committee on Autonomous Road Transport for Singapore**. Ministry of Transportation, Singapore. 2014. Disponível: <https://www.mot.gov.sg/news-centre/news/Detail/Committee-on-Autonomous-Road-Transport-for-Singapore>. Acesso: 20 abr. 2021.

MOTTA, Renata Almeida. **Desafios da Mobilidade Sustentável no Brasil**, 2012. Disponível: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/21670/1/2016_RenataAlmeidaMotta.pdf. Acesso: 20 abr. 2021.

NAM, T.e PARDO, T.A. Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people and institutions. Center for Technology in Government. University of Albany, **The Proceedings of the 12th Annual International**

Conference on Digital Government Research, 2011. Disponível em http://www.ctg.albany.edu/publications/journals/dgo_2011_smartcity/dgo_2011_smartcity.pdf. Acesso: 25 jun. 2021.

NATIONAL ASSOCIATION OF CITY TRANSPORTATION OFFICIALS. NACTO. **Blueprint for Autonomous Urbanism**. 2017. Disponível: 08 nov. 2021.

NATIONAL HIGHWAY TRAFFIC SAFETY ADMINISTRATION (NHTS). **Preliminary Statement of Policy Concerning Automated Vehicles, Report**. 2013.

NAZARI, Fatemeh, Mohamadhosssein Noruzoliaee, e Abolfazl (Kouros) Mohammadian. Shared Versus Private Mobility: Modeling public interest in Autonomous Vehicles Accounting for Latent Attitudes. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies** **97**, no 0 (dezembro de 2018). <https://trid.trb.org/view/1570020>. Acesso: 22 nov. 2021.

NHTSA. Traffic safety facts. **A Brief Statistical Summary: Critical Reasons for Crashes Investigated in the National Motor Vehicle Crash Causation Survey**. Washington, DC: National Centre for Statistics and Analysis, U.S. Department of Transportation, 2015a.

NHTSA. **Traffic Fatalities Up Sharply in 2015**. 2015b. Disponível: <https://www.nhtsa.gov/press-releases/traffic-fatalities-sharply-2015>. Acesso: 01 nov. 2021.

NICE, K.; WILSON, T. and GUREVICH, G. How Digital Cameras Work. **HowStuffWorks.com**. 2006. Disponível: <http://electronics.howstuffworks.com/cameras-photography/digital/digital-camera.htm>. Acesso: 22 abr. 2015.

NIKITAS, A.; KOUGIAS, I.; ALYAVINA, E.; NJOYA TCHOUAMOU, E. How Can Autonomous and Connected Vehicles. Electromobility, BRT, Hyperloop, Shared Use Mobility and Mobility-As-A-Service Shape Transport Futures for the Context of Smart Cities? **Urban Science**. 2017, vol. 1, n. 36. Disponível: https://www.researchgate.net/publication/321414535_How_Can_Autonomous_and_Connected_Vehicles_Electromobility_BRT_Hyperloop_Shared_Use_Mobility_and_Mobility-As-A-Service_Shape_Transport_Futures_for_the_Context_of_Smart_Cities. Acesso: 01 nov. 2021.

OECD. **Relatórios Econômicos OCDE 2018**. 2018. Disponível: <https://www.oecd.org/economy/surveys/Brazil-2018-OECD-economic-survey-overview-Portuguese.pdf>. Acesso: 22 nov. 2021.

OHNSMAN, Alan. Automated Cars May Boost Fuel Use, Toyota Scientist Says. **Bloomberg Press**. 16 July 2014. Disponível: <https://bloom.bg/2mDkmAu>. Acesso: 01 nov. 2021.

OLIVEIRA, C. E. E. e LEAL, T. A. C. **Considerações sobre os Veículos Autônomos: Possíveis Impactos Econômicos, Urbanos e das Relações Jurídicas**. Senado Federal: Brasília, outubro 2016.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **World Urbanization Prospects: the 2011 Revision**. 2012. New York: ONU. Disponível: <http://esa.un.org/unpd/wup/index.htm>. Acesso: 25 jun. 2021.

ORRICO FILHO, R.; BRASILEIRO, A.; SANTOS, E., ARAGÃO, J. **Ônibus Urbanos: Regulamentação e Mercados**. Brasília: L.G.E., 1997.

OZGUNER U.; ACARMAN T.; REDMILL, K. Autonomous Ground Vehicles. **Artech House**; 2011. Disponível: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=6190791>. Acesso: 01 nov. 2021.

PACHECO, Paula. Conheça a História do Brasileiro que Criou Startup de US\$ 1 Bilhão. **Estado de Minas**. 2019. Disponível: https://www.em.com.br/app/noticia/economia/2019/02/15/internas_economia,1030761/conheca-a-historia-do-brasileiro-que-criou-startup-de-us-1-bi.shtml. Acesso: 22 nov. 2021.

PALLOT, M. et al. Future Internet and Living Lab Research Domain Landscapes: Filling the Gap between Technology Push and Application Pull. In: **The Context of Smart Cities. eChallenges e-2011 Conference Proceedings**. 2011. Disponível: <http://www.urenio.org/wp-content/uploads/2008/11/2011-eChallenges-Nr-200-Future-Internet-and-Living-Labs-Published.pdf>. Acesso: 25 jun. 2021.

PARIZATTO, J. R. **Prática da Responsabilidade Civil**. 2. ed. Leme: Edipa, 2011.

PDPC. **Response to Feedback on the Public Consultation on Approaches to Managing Personal Data in the Digital Economy**. Singapore: Personal Data Protection Commission Singapore, 2018.

PEARL, T. H. **Fast & Furious: The Misregulation of Driverless Cars**. 2017. Disponível: <https://ttu-ir.tdl.org/bitstream/handle/2346/73420/Fast%20%26%20Furious%2073%20NYU%20Ann%20Sur%20Am%20L%2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso: 10 nov. 2021.

PINGFAN, J.; GUILONG, L.; CAIJING, X.; GUOQI, Z; JISHUN, G. Research on the Decision Control Methods and Ride Comfort of Autonomous Vehicle. **1.Conference paper**. Disponível: <https://www.mdpi.com>. Acesso: 26 out. 2019

PINSENT Masons. **Connected and Autonomous Vehicles: The emerging legal challenges**. 2016. Disponível: <https://www.pinsentmasons.com/en/media/publications/connected->

andautonomous-vehicles-the-emerging-legal-challenges/. Acesso: 20 abr. 2021.

PISSARDINI, Rodrigo de Sousa; WEI, D. C. M; FONSECA JÚNIOR, Edvaldo. Veículos Autônomos. Conceitos, Histórico e Estado da Arte. **Anais do XXVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**. 2013. Disponível: https://www.researchgate.net/publication/318897282_VEICULOS_AUTONOMOS_CONCEITOS_HISTORICO_E_ESTADO-DA-ARTE. Acesso: 08 nov. 2021.

POLIS. EUROPEAN CITIES AND REGIONS NETWORKING FOR INNOVATIVE TRANSPORT SOLUTIONS. **Road Vehicle Automation and Cities and Regions. Mobility & Traffic Efficiency**. 2018. Disponível: https://www.polisnetwork.eu/wp-content/uploads/2019/06/polis_discussion_paper_automated_vehicles.pdf. Acesso: 01 nov. 2021.

PONTES, Taís Furtado. **Avaliação da Mobilidade Urbana na Área Metropolitana de Brasília**. Dissertação de mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Universidade de Brasília, 2010

QU, Xiaobo. **Advances in Modelling Connected and Automated Vehicles**. 2017. Disponível: downloads.hindawi.com/journals/specialissues/724042.pdf. Acesso: 20 abr. 2021.

RAHIMI, Amir; HUANG, W.; YUPING, H. **A Longitudinal Speed Controller for Autonomous Multi-Trailer Articulated Heavy Vehicles**. Department of Automotive and Mechatronics Engineering, University of Ontario Institute of Technology, Oshawa, Canada, June 27-30, 2021.

RAKIN, E. Singapore's Public Transport System is one of the Best in the World. **McKinsey report. Business Insider - Business Insider Singapore**. 2018. Disponível: <https://www.businessinsider.sg/singapores-public-transport-system-is-one-of-the-best-in-the-world-mckinsey-report/>. Acesso: 20 abr. 2021.

REIS FILHO, Nestor Goulart. Urbanização e Modernidade: entre o passado e o futuro (1808-1945). In: MOTA, Carlos Guilherme. **Viagem Incompleta (1500-2000): a Grande Transação**. São Paulo: Editora SENAC, p. 85-118, 2002.

REYES, Roselynn. Transit Partners with Ridesharing Services to Create Multimodal Options. **Metro-magazine**. 2 May 2016. Disponível: <http://www.metro-magazine.com/management-operations/article/711884/transit-partners-with-ridesharing-services-to-createmultimodal-options>. Acesso: 20 abr. 2021.

RODRIGUE, Jean- Paul. World Automobile Production and Fleet 196-2019. **The Geography of Transport Systems**. New York: Routledge, 2019. Disponível: <https://transportgeography.org/contents/chapter5/road-transportation/automobile-production-fleet-world/>. Acesso: 01 nov. 2021.

ROLIM, F.; BRASILEIRO, A.; SANTOS, E. Competition in Brazilian bus and coach services. The results of recent competitive tendering processes. **Research in Transportation Economics**, v. 29, p. 45-51, 2010.

SAGÁSTEGUI, Sergio De Lara. **The Driveless City – How wil AVs shape cities in the future?** OCAD University. Toronto, Canada, 2020.

SAIKALI, Lucas Bossoni. Políticas Regulatórias e Economia Comportamental: O Caso das Patinetes Elétricas. **Revista de Direito da Administração Pública**. 2020. Disponível: <http://www.redap.com.br/index.php/redap/article/view/210>. Acesso: 22 nov. 2021.

SALVARINI, Giuliano Cardoso e BACHUR, João Paulo. Decreto que Regulamenta Patinetes Elétricas Gera Insegurança Jurídica a Empresas e Usuários: Análise sobre a 1ª Regulamentação Municipal das Novas Tecnologias de Mobilidade Urbana para as Patinetes Elétricas. **Jota**. 2019. Disponível: <<https://www.jota.info/tributos-e-empresas/regulacao/decreto-que-regulamenta-patinetes-eletricas-gera-inseguranca-juridica-a-empresas-e-usuarios-23052019>>. Acesso: 16 jul. 2019.

SASSEN, S. **As Cidades na Economia Mundial**. São Paulo: Studio Nobel, 1998.

SCARINGELLA, Roberto Salvador. A Crise da Mobilidade Urbana em São Paulo. **São Paulo em Perspectiva**, vol. 15, n.1. p. 55–59, 2001. Disponível: <https://www.scielo.br/j/spp/a/Ld57ZY865v3jsmXDTPd3BVG/?lang=pt>. Acesso: 01 nov. 2021.

SCHRANK, D.; EISELE, B.; LOMAX, T.; BAK, J. **Urban Mobility Scorecard**; Texas A & M Transportation Institute: College Station, TX, USA, 2015.

SENADO FEDERAL. **Estatuto da Cidade**. 3a. ed. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2008.

SHANKER, R.; JONAS, A.; DEVITT, S; HUBERTY, K; FLANNERY, S; GREENE, W; SWINBURNE, B; LOCRAFT, G.; WOOD, A.; WEISS, K.; MOORE, J; SCHENKER A.; JAIN, P.; Y, YING; KAKIUCHI, S; HOSHINO, R. and HUMPHREY; A. **Autonomous Cars: Self-Driving the New Auto Industry Paradigm**, Blue Paper, Morgan Stanley, 2013.

SHEN, Y., ZHANG, H., ZHAO, J. Integrating Shared Autonomous Vehicles in Public Transportation Systems: a Supply-side Simulation of the First-mile Service in Singapore. **Transp. Res. A Policy Pract**, vol.113, p. 125–136, 2018. Disponível: https://www.researchgate.net/publication/326101190_Integrating_shared_autonomous_vehicle_in_public_transportation_system_A_supply-side_simulation_of_the_first-mile_service_in_Singapore. Acesso: 01 nov. 2021.

SHI, L. e PREVEDOUROS, P. Autonomous and Connected Cars: HCM Estimates for Freeways with Various Market Penetration Rates. **Transportation Research Procedia**, vol. 15, p. 389–402, 2016. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146516305622>. Acesso: 01 nov. 2021.

SKINNER, R. e BIDWELL, N. Making Better Places: Autonomous vehicles and future opportunities. **WSP | Parsons Brinckerhoff**. 2016. Disponível: <https://www.hv.se/en/education/degree-programmes/master-in-international-business/>. Acesso: 22 nov. 2021.

SILBERG, G., MANASSA, M.; EVEHART, K.; SUBRAMANIAN, D.; CORLEY, M.; FRASER, H. E SINHA, V. **Self-Driving Cars: Are we Ready?** 2013. KPMG LLP. Disponível: <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/pdf/2013/10/self-driving-cars-are-we-ready.pdf>. Acesso: 22 nov. 2021.

SIVAK, Michael e SCHOETTLE, Brandon. Road Safety with Self-Driving Vehicles: General Limitations and Road Sharing with Conventional Vehicles. **Sustainable Worldwide Transportation Program**. 2015. Disponível: www.umich.edu/~umtriswt. Acesso: 01 nov. 2021

SMITH, B. W. Human error as a cause of vehicle crashes. **Centre for Internet and Society**. 2013. Disponível: <http://cyberlaw.stanford.edu/blog/2013/12/human-error-cause-vehicle-crashes>. Acesso: 01 nov. 2021.

SOUZA, P. V. N. C. S. e SILVA NETO, R. Perspectivas das Cidades Inteligentes na Administração Pública em Tempos de Transformação Digital. **Revista Jurídica – UNICURITIBA**, v. 3, n. 60, 2020. Disponível: <http://revista.unicuritiba.edu.br/index.php/RevJur/article/view/4172>. Acesso: 08 nov. 2021.

SPIESER, K., TRELEAVEN, K., ZHANG, R., FRAZZOLI, E., MORTON, D. e PAVONE, M. Toward a Systematic Approach to the Design and Evaluation of Automated Mobility-on-Demand Systems. A Case Study in Singapore. 2014. **Road Vehicle Automation**, (Lecture Notes in Mobility), Springer. Disponível: <https://web.stanford.edu/~pavone/papers/Spieser.Treleaven.ea.LNM14.pdf>. Acesso: 01 nov. 2021.

SRIKANTHAN, T. Commentary: Cybersecurity Is the Next Economic Battleground. **CNA**. 2017. Disponível: <https://www.channelnewsasia.com/news/singapore/commentary-cybersecurity-is-the-nexteconomic-battleground-8591642>. Acesso: 20 abr. 2021.

U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. **USDOT Automated Vehicles Activities**. 2021. Disponível: <https://www.transportation.gov/AV>. Acesso: 11 nov. 2021.

SOMERVILLE, H. **Homeless Arizona Women Killed by Uber Self-Driving SUV Was 'Like Everyone's Aunt'**. Reuters. 2018.

<https://www.reuters.com/article/us-autos-selfdriving-uber-victim/homeless-arizonawoman-killed-by-uber-self-driving-suv-was-like-everyones-aunt-idUSKBN1GW36P>. Acesso: 22 nov. 2021.

STANFORD, Joseph, S.M. **Possible Futures for Fully Automated Vehicles: Using Scenario Planning and System Dynamics to Grapple with Uncertainty**. Master's thesis, MIT, 2015. Disponível:

<https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/105319>. Acesso: 01 nov. 2021.

STOCKHOLM DECLARATION. **Third Global Ministerial Conference on Road Safety**, fevereiro de 2020. Disponível: <https://www.who.int/news-room/events/detail/2020/02/19/default-calendar/3rd-global-ministerial-conference-on-road-safety>. Acesso: 01 nov. 2021.

SUN, Y., OLARU, D., SMITH, B., GREAVES, S. e COLLINS, A. Road to autonomous vehicles in Australia. **Australasian Transport Research Forum 2016**, Melbourne, 16–18 November. 2016. Disponível: https://www.researchgate.net/publication/311298255_Road_to_autonomous_vehicles_in_Australia_A_comparative_literature_review. Acesso: 01 nov. 2021.

SWEETING, W. J. e WINFIELD, P. H. Future Transportation: Lifetime Considerations and Framework for Sustainability Assessment. **Energy Policy**, vol 51, p. 927-938, 2012. Disponível: https://www.researchgate.net/publication/257126421_Future_transportation_Lifetime_considerations_and_framework_for_sustainability_assessment. Acesso: 01 nov. 2021.

TALUSAN, Sue; DE LARA, Sergio De Lara e ZAKHIDOVA, Khilola. Environmental Scan. **Transport Canada - Regulatory Innovation Review**. MaRS Discovery District, 2020.

TARPLEY, Philip e JANSMA, Steven D. Veículos Autônomos. O Cenário Legal no EUA. **Global**. Agosto de 2016.

TARR, J. e MCSHANE, C. The Horse as an Urban Technology. **Journal of Urban Technology**. Vol. 15, n. 01, p. 5-17, 2008. Disponível: <https://trid.trb.org/view/869663>. Acesso: 10 nov. 2021.

THE ECONOMIST. **Look, No Hands**. September 2012, 1 Issue: p. 17–19. Disponível: <https://www.economist.com/technology-quarterly/2012/08/30/look-no-hands>. Acesso: 10 nov. 2021.

THOMPSON, Catie. **8 Ways Self Driving Cars Will Drastically Improve Our Lives**. 2016. Disponível: <http://www.businessinsider.com/how-driverless-cars-will-change-lives-2016-12>. Acesso: 20 abr. 2021.

THOMPSON, Kimberly M., Maria Segui-Gomez, John D. Graham. Validating Benefit and Cost Estimate: The Case of *Airbag* Regulation. **Risk Analysis**, vol. 22, n. 4, p 803-811, ago. 2002.

THRUN, S. Toward Robotic Cars. **Communications of the ACM**, vol. 53, n. 4, 2010. Disponível: <https://cacm.acm.org/magazines/2010/4/81485-toward-robotic-cars/fulltext>. Acesso: 01 nov. 2021.

TOPPETA, D. **The smart city vision: how innovation and ICT can build smart, “livable”, sustainable cities**. The Innovation Knowledge Foundation, 2010. Disponível: http://www.thinkinovation.org/file/research/23/en/Toppeta_Report_005_2010.pdf. Acesso: 25 jun. 2021.

TRAVEL SUMMARIES FOR THE GREATER. **Transportation Tomorrow Survey 2016, 2011, 2006, 1996 and 1986**, 2016. Disponível em http://dmg.utoronto.ca/pdf/tts/2016/2016TTS_Summaries_TTSarea.pdf. Acesso: 08 nov. 2021.

TSAKALIDIS, Anastasios; GKOUMAS, Konstantinos; HAQ, Anwar; GROSSO Monica e PEKAR Ferenc. Connected and Automated Transport. Studies and reports. **Strategic Transport Research and Innovation Agenda, STRIA. European Commission**. 2007. Disponível: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC109304>. Acesso: 08 nov. 2021.

UNESCO. World Commission on the Ethics of Scientific Knowledge and Technology. **The Precautionary Principle**, vol 7, n. 53, 2005. Disponível: <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001395/139578e.pdf>. Acesso: 08 nov. 2021.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO. **Laboratório de Computação de Alto Desempenho**. s.d. Disponível: <http://www.lcad.inf.ufes.br/>. Acesso: 10 nov. 2021.

VAN BELLEN, H. M. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2006.

VAN SCHALKWYK, M. e MINDELL, J. Current Issues in the Impacts of Transport on Health. **Br. Med. Bull**, vol. 125, p. 67–77, 2018. Disponível: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29309529/>. Acesso: 01 nov. 2021.

VASCONCELLOS, E. A.; CARVALHO, C. H. R. e PEREIRA, R. H. M. **Transporte e Mobilidade Urbana**. Textos para discussão Cepal. IPEA, 2014. Disponível: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1373/1/TD_1552.pdf. Acesso: 10 nov. 2021.

WEBER, Marc. **Where to? A History of Autonomous Vehicles**. 2014. Disponível: <https://computerhistory.org/blog/where-to-a-history-of-autonomous->

vehicles/?key=where-to-a-history-of-autonomous-vehicles. Acesso: 01 nov. 2021.

WEIS, C. e K. W. AXHAUSEN. Induced Travel Demand: Evidence from a Pseudo Panel Data Based Structural Equations Model. **Research in Transportation Economics**, vol. 25, n. 1, p. 8–18, 2009. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146516300072>. Acesso: 10 nov. 2021.

WEISS, Marcos Cesar; BERNARDES, Roberto Carlos e CONSONI, Flávia Luciane. Cidades Inteligentes: Casos e Perspectivas para as Cidades Brasileiras. **Revista Tecnológica da Fatec Americana**. v. 5 n. 1, 2017. Disponível: <https://fatec.edu.br/revista/index.php/RTecFatecAM/article/view/137>. Acesso: 10 nov. 2021.

WEST, D. M. **Moving Forward: Self-Driving Vehicles in China, Europe, Japan, Korea, and the United States**. 2016. Disponível: <https://www.brookings.edu/research/moving-forward-self-drivingvehicles-in-china-europe-japan-korea-and-the-united-states/>. Acesso: 20 abr. 2021.

WETMORE, Jameson M. **Redefining Risks and Redistributing Responsibilities: Building Networks to Increase Automobile Safety**, Universidade da Virgínia, 2004. Disponível: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0162243904264486>. Acesso: 10 nov. 2021.

WHITE, J. M. Anticipatory Logics of the Smart City's Global Imaginary. **Urban Geography**, vol 37, n. 4, p. 572–589, 2016. Disponível: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02723638.2016.1139879>. Acesso: 01 nov. 2021.

WIRED. **The Original Futurama [online]**. 2007. Disponível: <http://www.wired.com/2007/11/ff-futurama-original/>. Acesso: 20 nov. 2015.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global Status Report on Road Safety**. WHO: Geneva, Switzerland, 2018.

WETMORE, Jameson M., Redefining Risks and Redistributing Responsibilities: Building Networks to Increase Automobile Safety. **Science, Technology and Human Values**, vol. 29, n. 3, p. 377-405, 2004.

WOODS, A. Governor Ducey Taken for a Driverless Ride in Google's Waymo. **Arizona Central**. 2016. Disponível: <https://www.azcentral.com/story/money/business/tech/2016/12/15/arizona-gov-duceytaken-driverless-ride-googles-waymo/95448228/>. Acesso: 22 nov. 2021.

YANG, K.; GULER, S.I. e MENENDEZ, M. Isolated Intersection Control for Various Levels of Vehicle Technology: Conventional, Connected, and

Automated Vehicles. **Transp. Res. Part C Emerg. Technol**, vol. 72, p.109–129, 2016. Disponível: <https://nyuscholars.nyu.edu/en/publications/isolated-intersection-control-for-various-levels-of-vehicle-techn>. Acesso: 01 nov. 2021.

YAP, M.D., CORREIA, G. e VAN AREM, B., Preferences of travelers for using automated vehicles as last mile public transport of multimodal train trips. **Transp. Res. Part A: Policy Pract**, n, 94, p. 1–16, 2016.

ZON, N e DITTA, S. **Robot, Take the Wheel: Public Policy for Automated Vehicles**. 2016. University of Toronto Mowat Centre. Disponível: <https://tspace.library.utoronto.ca/handle/1807/80113>. Acesso: 01 nov. 2021.