



OBSTÁCULOS PARA UMA MOBILIDADE URBANA AUTÔNOMA A PARTIR DA PERSPECTIVA HUMANA: Uma revisão sistemática

DOI: <https://doi.org/10.35699/2965-6931.2023.46814>

SANDOR BANYAI PEREIRA*; IARA SOUSA CASTRO**; RÓBER DIAS BOTELHO***

RESUMO: Ao longo de séculos de desenvolvimento, foi possível ao ser humano criar e desenvolver novas ferramentas que suprimissem necessidades de mobilidade dentro e fora do ambiente urbano. Diversas tecnologias estão sendo convergidas para um novo tipo de mobilidade: a Mobilidade 4.0. O presente artigo objetiva discutir os principais obstáculos para a implementação da Mobilidade 4.0 nos centros urbanos e seus impactos a partir da perspectiva humana. Para tal, foi feita uma revisão sistemática da bibliografia já publicada sobre este tema nos repositórios ERICH Plus, Google Scholar, DOAJ, Sci-Elo e publicações na internet em geral durante o período de 01 de outubro de 2019 a 30 de junho de 2023. Conclui-se, após análise e discussão de 56 publicações, que a Mobilidade 4.0 ainda é um cenário distante da realidade por limitações das tecnologias-base e postura dos seres humanos frente ao próprio sistema de trânsito, automação ou dilemas éticos e morais.

PALAVRAS-CHAVE: mobilidade 4.0; interação humano-máquina; inteligência artificial.

Structural integrity monitoring using artificial intelligence: Challenges, advances and applications

ABSTRACT: Over centuries of development, it has been possible for human beings to create and develop new tools that eliminate mobility needs within and outside the urban environment. Several technologies are being converged towards a new type of mobility: Mobility 4.0. This article aims to discuss the main obstacles to the implementation of Mobility 4.0 in urban centers and its impacts from a human perspective. Thus, a systematic review of the bibliography already published on this topic was carried out in the ERICH Plus, Google Scholar, DOAJ, Sci-Elo repositories, and publications on the internet in general during the period from October 1, 2019, to June 30, 2023. As a conclusion, after analysis and discussion of 56 publications, that Mobility 4.0 is still a scenario far from reality due to limitations of base technologies and the attitude of human beings towards the traffic system itself, automation, or ethical and moral dilemmas.

KEYWORDS: mobility 4.0; human-machine interaction; artificial intelligence.

* Universidade do Estado de Minas Gerais/ ** Universidade do Estado de Minas Gerais*** Universidade Federal de Juiz de Fora

Introdução

Ao longo de séculos de desenvolvimento tecnológico, foi possível ao ser humano criar e desenvolver novas ferramentas que pudessem suprir necessidades de mobilidade dentro e fora do ambiente urbano. Os automóveis, por exemplo, simbolizam o progresso ocidental e a liberdade de movimento que nasceram do desejo de se deslocar mais rápido e ir mais longe sem a dependência de cavalos (Redshaw, 2008; Pereira; Botelho, 2018).

O automóvel é um dos resultados permitidos graças à Segunda Revolução Industrial quando, uma vez consolidada a mecanização dos processos industriais, ocorreu a transição do modal energético do carvão e do vapor para a eletricidade e o petróleo (Hermann; Pentek; Otto, 2015; Perasso, 2016). Os automóveis, sejam eles de uso particular ou compartilhado, moldaram a forma como as cidades foram sendo projetadas e ampliadas. Muito do crescimento de determinadas nações só foi possível graças ao automóvel, bem como grande parte do desenvolvimento dos indivíduos está atrelado à existência e interação com tal objeto (Redshaw, 2008).

Se a força que impulsionou a Primeira Revolução Industrial foram os braços mecânicos impulsionados pelo vapor, a Quarta Revolução Industrial trará uma rede de sistemas digitais integrados, controlando fábricas inteiras com mão de obra robótica (Perasso, 2016). A Quarta Revolução Industrial nasce baseada na transformação digital ocorrida no início do século XXI e tem como pilar a Internet onipresente, sensores ultrassensíveis, Inteligência Artificial (IA) e aprendizagem de máquina (Schwab, 2016). A convergência de tecnologias à exemplo da automação, Internet das Coisas (IoT) e computação em nuvem, transformará uma planta fabril tradicional em uma “indústria inteligente” ou “Indústria 4.0” (Perasso, 2016; Miyasaka; Fabricio; Paoletti, 2019). Essas “indústrias inteligentes”, geridas e controladas de maneira autônoma e descentralizada, permitirão uma nova geração de valor, novos modelos de negócios focados em parâmetros globais e flexíveis de demanda (Schwab, 2016).

A convergência de automação avançada, IoT e computação em nuvem tem o poder de transformar uma indústria em uma “Indústria 4.0”, a aplicação dessas mesmas tec-

nologias na mobilidade urbana também serão capazes de criar uma “Mobilidade 4.0”. A Mobilidade 4.0, quando implementada, estará acessível a todos a qualquer momento e local. Sua disponibilidade, custos e manutenção estarão ligados às demandas personalizadas e individuais de seus usuários (Flugge, 2017). Deste modo, a Mobilidade 4.0 será sustentada na completa automatização da maioria dos modais de transporte, na alta dependência de IA e equipamentos de alta tecnologia integrada aos veículos. Um exemplo desta mudança de paradigma é uma das linhas do metrô parisiense que, desde a última década do século XX, dispensa a necessidade de um operador humano (Augé, 2010).

No entanto, há um custo social relacionado ao atual modelo de mobilidade urbana dos grandes centros urbanos. Este custo social se traduz, por exemplo, em ferimentos e mortes devido a acidentes, congestionamentos, poluição ambiental e a imposição de rodízios de veículos (Mitreá; Kyamakya, 2017). Muitas cidades são despreparadas para acolher e gerenciar mais automóveis e diferentes modais de deslocamento, o que acaba por influenciar severamente o modo de vida da sociedade local (Silva, 2013). Com a robustez das tecnologias, que juntas viabilizam a Quarta Revolução Industrial, fica cada vez mais evidente que o futuro da mobilidade poderá ser feito por automóveis autônomos e, por consequência, os usuários desses modais tornar-se-ão apenas um elemento passivo no controle destes dentro da cadeia de transporte terrestre.

Diante de todo o contexto mencionado, esta revisão sistemática objetiva identificar e discutir os principais obstáculos para a implementação da Mobilidade 4.0 nos centros urbanos e seus impactos a partir da perspectiva humana.

Materiais e métodos

Esta pesquisa utilizou o método indutivo e apoiou-se em uma revisão sistemática da literatura já publicada sobre o tema. Tal abordagem metodológica se justifica pelo fato da temática da Mobilidade 4.0 ainda ser configurada como uma área de pesquisa em vias consolidação e ainda haver pouco material em língua portuguesa sobre o assunto. As palavras-chave utilizadas foram: interação humano-máquina, mobilidade inteligente, mobilidade urbana, veículos autônomos, transporte autônomo, cidade inteligente e quarta revolução industrial nos idiomas português e inglês.

Os critérios de inclusão usados na seleção da bibliografia foram: a) ter sido publicado nos últimos 25 anos; b) conter elementos que definiam os conceitos básicos das áreas de Inteligência Artificial, Mobilidade Urbana, Mobilidade Inteligente, Veículos Autônomos, Interação Humano-Máquina, Fatores Humanos e Quarta Revolução Industrial; c) apresentar problemas a respeito da automação de atividades humanas; d) conter elementos que registram aspectos sociais e individuais do ser humano moderno.

Já os critérios de exclusão da bibliografia utilizados foram: a) incluir conclusões consideradas ultrapassadas por publicações mais recentes; b) haver sobreposição de conteúdo ou ter conteúdos duplicados com outras publicações; c) não ser possível localizá-la por meio do uso de palavras-chave no idioma inglês ou português.

A busca ocorreu junto aos repositórios ERICH Plus, Google Scholar, DOAJ, Sci-Elo e publicações na internet em geral durante o período de 01 de outubro de 2019 a 30 de junho de 2023. O processo de levantamento e aceitação do material utilizado na revisão sistemática contou com três revisores que utilizaram um processo em cinco etapas:

i) busca feita online nos repositórios selecionados e, através da análise dos títulos, organização manual dos potenciais achados em uma planilha eletrônica; ii) leitura dos resumos e abstracts para verificar se atendiam os critérios de aceitação estabelecidos; iii) filtro com relação a data de publicação, além de se eliminar aqueles publicados anteriormente à data de corte estabelecida; iv) leitura dos artigos e das publicações mais relevantes em sua integralidade para verificar se atendiam aos critérios de inclusão; v) seleção das publicações que tivessem o aceite de dois dos três revisores para serem consideradas nesta revisão sistemática.

Resultados

da seleção das publicações

A busca considerou aptos para análise 29 artigos publicados em periódicos, 9 livros, 9 capítulos de livros, 4 artigos em revistas especializadas, além de artigos publicados em portais na internet (2), artigos publicados em jornais (1), normas técnicas (1) e dissertações de mestrado (1) (Figura 1).

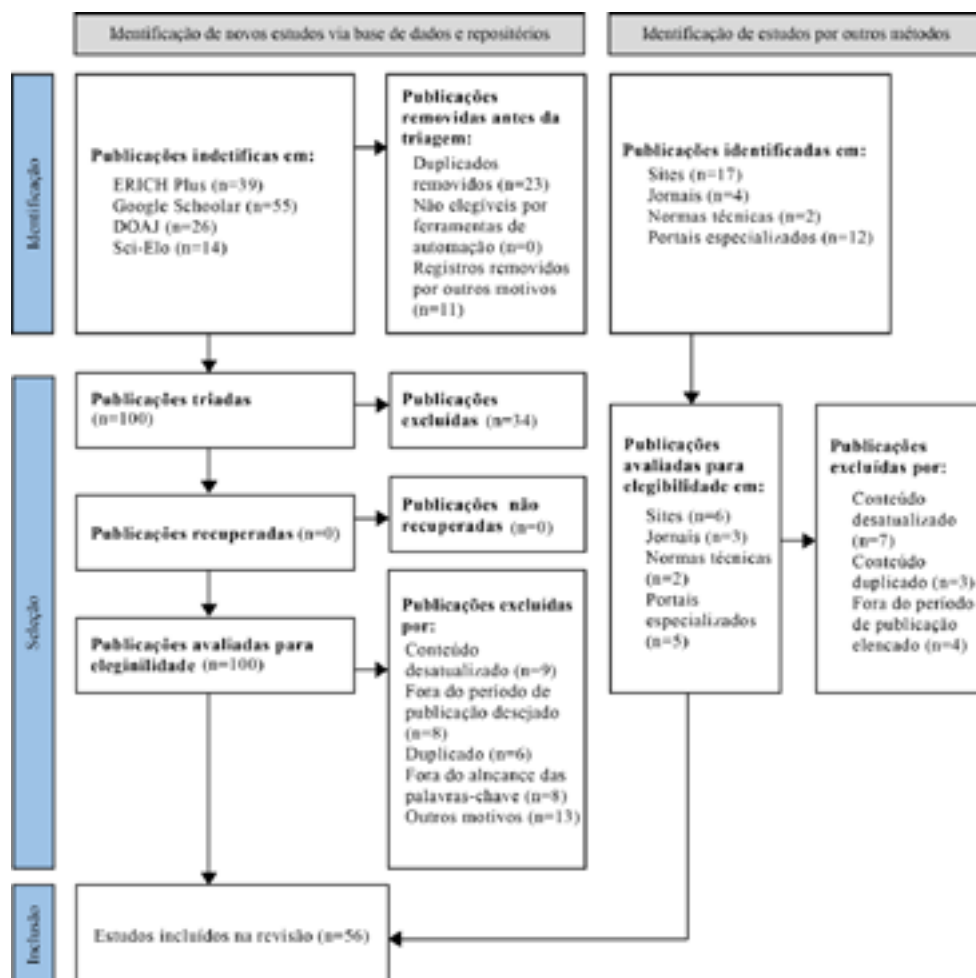


Figura 1 – Fluxograma PRISMA do processo de seleção de estudos e publicações.

Características das publicações

As 56 publicações encontradas foram organizadas de acordo com os macro grupos: a) Quarta Revolução Industrial; b) Fatores Humanos e Interações Humano-Máquina; c) Mobilidade Urbana. Os tópicos de agrupamento permitiram a organização dos assuntos como apresentado nos resultados (Quadro 1).

Material bibliográfico levantado para o estudo				
Autor (Ref.)	Ano	Título da Obra	Características	Macro grupo
Abuelsamid	2016	Tesla autopilot fatality shows why LIDAR and v2v will be necessary for autonomous cars.	Artigo em revista especializada	Quarta Revolução Industrial
Augé	2010	Por uma antropologia da mobilidade	Livro	Mobilidade Urbana
Azmat	2015	Impact of autonomous vehicles on urban mobility	Dissertação de mestrado	Mobilidade Urbana
Banyai Pereira <i>et al.</i>	2022	Factores humanos, inteligencia artificial y autos autónomos: Perspectivas para una implementación compleja	Artigo publicado em periódico científico	Fatores Humanos e Interações Humano-Máquina
Barbosa	2018	Trânsito como espaço social: personalidades e comportamentos	Artigo publicado em portal na internet	Mobilidade Urbana
Brooks	2014	O animal social: a história de como o sucesso acontece	Livro	Fatores Humanos e Interações Humano-Máquina
Campana <i>et al.</i>	2017	The Importance of Specific Usability Guidelines for Robot User Interfaces	Artigo publicado em periódico científico	Fatores Humanos e Interações Humano-Máquina
Davies <i>et al.</i>	2019	Are We There Yet? A Reality Check on Self-Driving Cars	Artigo em revista especializada	Fatores Humanos e Interações Humano-Máquina
Dogson	2016	Why Mercedes plans to let its self-driving cars kill pedestrians in dicey situations	Artigo em revista especializada	Fatores Humanos e Interações Humano-Máquina
Material bibliográfico levantado para o estudo (continuação)				
Autor (Ref.)	Ano	Título da Obra	Características	Macro grupo

Endsley	1996	Automation and situation awareness	Capítulo de livro	Fatores Humanos e Interações Humano-Máquina
Fagnant <i>et al.</i>	2013	Preparing a nation for autonomous vehicles: Opportunities, barriers and policy recommendations	Norma técnica	Mobilidade Urbana
Folcher <i>et al.</i>	2007	Homens, artefatos, atividades: perspectiva instrumental.	Capítulo de livro	Fatores Humanos e Interações Humano-Máquina
Floridi	2014	The 4th revollution: How the infosphere is reshaping human reality	Livro	Quarta Revolução Industrial
Flügge	2017	Introduction	Capítulo de livro	Quarta Revolução Industrial
Flügge <i>et al.</i>	2017	Impact of Smart Mobility on Existing Sectors	Capítulo de livro	Mobilidade Urbana
Hancock <i>et al.</i>	2013	Human-automation interaction research: past, present, and future	Artigo publicado em periódico científico	Fatores Humanos e Interações Humano-Máquina
Hermann <i>et al.</i>	2015	Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review	Artigo publicado em periódico científico	Quarta Revolução Industrial
Hoc	2007	Gestão da situação dinâmica	Capítulo de livro	Fatores Humanos e Interações Humano-Máquina
Hoffmann	2005	Comportamento do condutor e fenômenos psicológicos	Artigo publicado em periódico científico	Fatores Humanos e Interações Humano-Máquina
Hohenberger <i>et al.</i>	2016	How and why do men and women differ in their willingness to use automated cars? The influence of emotions across different age groups	Artigo publicado em periódico científico	Fatores Humanos e Interações Humano-Máquina
Hollnagel	2014	Human factors/ergonomics as a systems discipline? "The human use of human beings" revisited.	Artigo publicado em periódico científico	Fatores Humanos e Interações Humano-Máquina

Material bibliográfico levantado para o estudo (continuação)

Autor (Ref.)	Ano	Título da Obra	Características	Macro grupo
Janssen <i>et al.</i>	2019	History and future of human-automation interaction.	Artigo publicado em periódico científico	Fatores Humanos e Interações Humano-Máquina
Jones	2017	Mobility – Change for the Good	Capítulo de livro	Mobilidade Urbana
Jordan <i>et al.</i>	1999	Computational intelligence.	Livro	Quarta Revolução Industrial
Kaber	2017	Issues in Human–Automation Interaction Modeling: presumptive aspects of frameworks of types and levels of automation	Artigo publicado em periódico científico	Fatores Humanos e Interações Humano-Máquina
Lapidus <i>et al.</i>	2023	Transformation of business models in the automotive industry in the context of the development of unmanned technologies	Artigo publicado em periódico científico	Quarta Revolução Industrial
Larica	2003	Design de automóveis: a arte em função da mobilidade	Livro	Mobilidade Urbana
Lee	2008	Review of a pivotal human factors article: “humans and automation: use, misuse, disuse, abuse”	Artigo publicado em periódico científico	Fatores Humanos e Interações Humano-Máquina
Magagnin	2008	A percepção do especialista sobre o tema mobilidade urbana.	Artigo publicado em periódico científico	Mobilidade Urbana
Marín-León <i>et al.</i>	2003	Comportamentos no trânsito: um estudo epidemiológico com estudantes universitários	Artigo publicado em periódico científico	Mobilidade Urbana
Maurer	2016	Introduction	Capítulo de livro	Quarta Revolução Industrial
Mcbride <i>et al.</i>	2019	Apple, Google, and Facebook Are Raiding Animal Research Labs	Artigo em revista especializada	Quarta Revolução Industrial
Medeiros	2018	Estresse e comportamentos de risco no trânsito	Artigo publicado em periódico científico	Mobilidade Urbana
Mitrea <i>et al.</i>	2017	(How) will autonomous driving influence the future shape of city logistics?	Artigo publicado em periódico científico	Mobilidade Urbana
Material bibliográfico levantado para o estudo (continuação)				
Autor (Ref.)	Ano	Título da Obra	Características	Macro grupo

Parikh <i>et al.</i>	2017	Autonomous cars using embedded systems and spherical wheels	Artigo publicado em periódico científico	Fatores Humanos e Interações Humano-Máquina
Norman	2008	Design emocional	Livro	Fatores Humanos e Interações Humano-Máquina
Ososky <i>et al.</i>	2014	Determinants of system transparency and its influence on trust in and reliance on unmanned robotic systems	Artigo publicado em periódico científico	Fatores Humanos e Interações Humano-Máquina
Parasuraman <i>et al.</i>	1997	Humans and Automation: use, misuse, disuse, abuse.	Artigo publicado em periódico científico	Fatores Humanos e Interações Humano-Máquina
Parikh <i>et al.</i>	2017	Autonomous cars using embedded systems and spherical wheels	Artigo publicado em periódico científico	Fatores Humanos e Interações Humano-Máquina
Perasso	2016	O que é a 4ª revolução industrial e como ela deve afetar nossas vidas.	Artigo publicado em Jornal	Quarta Revolução Industrial
Pereira <i>et al.</i>	2018	Design de Interação: fatores humanos e os carros autônomos.	Artigo publicado em periódico científico	Fatores Humanos e Interações Humano-Máquina
Piao <i>et al.</i>	2016	Public Views towards Implementation of Automated Vehicles in Urban Areas	Artigo publicado em periódico científico	Mobilidade Urbana
Prakken <i>et al.</i>	2015	Law and logic: A review from an argumentation perspective.	Artigo publicado em periódico científico	Mobilidade Urbana
Redshaw	2008	In the company of cars: driving as a social and cultural practice (Human factors in road and rail transport).	Livro	Fatores Humanos e Interações Humano-Máquina
Material bibliográfico levantado para o estudo (conclusão)				
Autor (Ref.)	Autor (Ref.)	Autor (Ref.)	Autor (Ref.)	Autor (Ref.)

Riley	1996	Operation reliance on automation: theory and data	Capítulo de livro	Fatores Humanos e Interações Humano-Máquina
Schank	1990	What is AI, anyway?	Capítulo de livro	Quarta Revolução Industrial
Schiller	2016	Automated and Connected Vehicles: High Tech Hope or Hype?	Artigo publicado em periódico científico	Quarta Revolução Industrial
Schwab	2018	Smart roads could protect us from self-driving cars crashes	Artigo publicado em portal na internet	Mobilidade Urbana
Schwab	2016	A quarta revolução industrial	Livro	Quarta Revolução Industrial
Silva	2013	Mobilidade urbana: os desafios do futuro	Artigo publicado em periódico científico	Mobilidade Urbana
Silveira <i>et al.</i>	2013	Transporte público, mobilidade e planejamento urbano: contradições essenciais	Artigo publicado em periódico científico	Mobilidade Urbana
Teixeira	1990	O que é inteligência artificial	Livro	Quarta Revolução Industrial
Teixeira	2011	Mente, cérebro e cognição	Livro	Quarta Revolução Industrial
Zhang <i>et al.</i>	2001	Heuristic search in artificial intelligence.	Artigo publicado em periódico científico	Quarta Revolução Industrial

Fonte: Elaborado pelos autores.

Sobre a mobilidade 4.0

A mobilidade urbana “pode ser definida como um atributo relacionado aos deslocamentos realizados por indivíduos nas suas atividades de estudo, trabalho, lazer e outras” (Magagnin; Silva, 2008, p.26). Segundo Azmat (2015), a “Mobilidade 4.0” é uma nova forma de deslocamento urbano, descrita como “mobilidade inteligente” na Quarta Revolução Industrial.

A Quarta Revolução é marcada por um desenvolvimento horizontal, a partir do qual as pessoas poderão se conectar entre si, com outros objetos e objetos poderão se conectar a outros objetos, transmitindo suas demandas e obtendo o devido retorno (Floridi, 2014). A forma como a estrutura urbana se configura guia o desenvolvimento dos meios de transporte (Larica, 2003). Uma vez que as montadoras de veículos têm incorporado, cada vez mais, itens eletrônicos de sensoriamento e Internet, espera-se que o mesmo ocorra com a infraestrutura das cidades. Dessa forma, estabelecida uma conexão sólida entre os dados emitidos/recebidos pelo ambiente e os dados emitidos/recebidos pelos veículos, a Mobilidade 4.0 estará em funcionamento.

Produtos da Quarta Revolução Industrial, a Internet onipresente, Computação em Nuvem e dispositivos móveis trabalharão em conjunto para que pessoas e empresas tomem melhores decisões de transporte baseado em custo, velocidade, saúde e meio-ambiente (Jones, 2017). Nesse sentido, a Mobilidade 4.0 tenderá a mudar o modelo de negócios da indústria automobilística que, ao invés de somente vender, essas empresas preocupar-se-ão em fornecer serviços de mobilidade (Lapidus; Shorokhova, 2023). Tais empresas tornar-se-ão provedores de mobilidade uma vez que os veículos poderão contar com sistemas avançados de IA para guia-los, gerenciar frotas e tomar as melhores decisões para que os usuários sejam transportados do ponto A ao ponto B em segurança (Flugge; Pfriemer, 2017).

Sobre os fatores humanos e as novas tecnologias para a mobilidade 4.0

A área de Fatores Humanos é responsável pelo debate dos aspectos, físicos e psicológicos, que influenciam na execução de tarefas onde há manipulação de ferramentas, dispositivos e interações com sistemas e/ou máquinas (Larica, 2003). O estudo acerca de Fatores Humanos tem como objetivo encontrar soluções para problemas de ordem prática, obviamente, o impacto de novas tecnologias no dia-a-dia dos seres humanos acaba por demandar novas soluções para problemas até então inexistentes (Hollnagel, 2014).

Ao considerar as novas tecnologias trazidas pela Mobilidade 4.0, percebe-se a predominância de sistemas e veículos capazes de tomar decisões e comportarem-se no trânsito de forma a seguir regras previamente programadas sem, ou com limitada, intervenção humana (Maurer, 2016). Neste cenário, os seres humanos terão que interagir entre si e com sistemas automatizados ao mesmo tempo que precisarão lidar com as interações entre os próprios sistemas automatizados e destes sistemas com o ambiente (Floridi, 2014; Banyai Pereira; Dias Botelho, 2021).

Sistemas automatizados necessitam ser concebidos observando critérios relacionados à interação humano-máquina, nos quais o usuário comunica-se com a máquina por meio de uma interface (Folcher; Rabardel, 2007). Dentro de um veículo moderno, por exemplo, a interface ocorre por meio de softwares, assim como por diversos controles e comandos que controlam funções e ficam dispostos fisicamente em um painel (Larica, 2003).

A Mobilidade 4.0 trará uma gama de agentes automatizados que atuarão como intermediários entre o desejo de locomoção das pessoas e seus destinos finais. Assim como ocorre em interações diretas entre humanos e sistemas automatizados, aqui também faz-se essencial o uso de interfaces eficientes que comuniquem de forma natural o andamento da atividade para o usufruto da automação (Campana; Quaresma, 2017). Por se tratarem de atividades dinâmicas e complexas, nas quais são predominantes a presença de diversas variáveis cujos agentes envolvidos não possuem total controle da ação, haverá riscos e incertezas (Hoc, 2007). Consequentemente, cabe ao sistema a tarefa de transparecer/informar/mostrar/atualizar o estado da execução da atividade a todo o momento.

Análise e discussão

Diversos desafios se relacionam com a questão da mobilidade autônoma terrestre. O desenvolvimento tecnológico que possibilita esse tipo de mobilidade terá impacto significativo na sociedade humana e na forma como ela se organiza no trânsito. Isto posto, nota-se um relevante desafio para a aceitação da mobilidade autônoma: os fatores humanos sob a ótica de como a IA impactará na organização social vigente. Isso se deve pelo fato de o trânsito representar o movimento de múltiplos agentes e interesses que, por vezes, podem entrar em conflito (Berwing, 2013).

Um ponto crucial em relação ao desafio relevante mencionado estaria em encarar o advento dos veículos autônomos de uma forma diferente, pois não se trataria mais de “quando” a mobilidade autônoma virá, mas “de que forma” e “para quem” ela surgirá primeiro (Davies; Marshall, 2019). Observa-se, novamente, que os veículos autônomos são componentes dentro de um macro sistema de mobilidade inteligente e conectada. Uma mobilidade autônoma altamente dependente de Internet e de circuitos eletrônicos levanta preocupações sobre a segurança de todo o sistema de trânsito (Fagnant; Kockelman, 2013).

Assim, ao entender a complexidade que envolve a mobilidade autônoma, o trânsito e os diversos agentes envolvidos, explora-se, neste artigo, uma abordagem que contempla os obstáculos principais para a mobilidade 4.0 por meio de dois fatores macro: externos e internos ao ser humano. Tais fatores são complementares entre si e, em paralelo, refletem, o maior desafio para a implementação da mobilidade autônoma: o ponto de vista do usuário.

5.1 FATORES DE INFLUÊNCIA EXTERNOS AO SER HUMANO

O primeiro fator de influência externo ao ser humano levado em consideração trata dos problemas envolvendo o trânsito dentro e fora dos centros urbanos. O trânsito sofre influência de elementos locais, então nota-se a importância dos fatores externos ao ser humano na forma como estes se apresentam, sejam eles culturais, estruturais, sociais ou econômicos (Silveira; Cocco, 2013; Barbosa, 2018). É inegável a influência do ambiente e da sociedade em relação ao indivíduo e suas atividades. Independentemente do modal de transporte, é necessário que haja uma infraestrutura condizente e, quanto mais complexo for o meio de transporte, mais equipamento de suporte, manutenção e segurança o sistema demandará (Larica, 2013).

O segundo fator de influência externo ao ser humano está relacionado com a aleatoriedade do ambiente de uso. O trânsito possui uma dinâmica própria, está envolto em simbolismos e comunicações específicas. O mundo da mobilidade urbana é complexo em suas diversidades e por isso imprevisível. Robôs autônomos ainda possuem custos elevados e demasiadamente sensíveis para as demandas exigidas a um motorista humano (Davies; Marshall, 2019). Um veículo autônomo talvez possa, em situações simples, optar por decisões assertivas. No entanto, a garantia de uma segurança total ainda se mostra como sendo algo fora de alcance (Shiller, 2016).

É comum que sejam ressaltados os benefícios de veículos autônomos rodando nas ruas, seja para apontar possíveis reduções nos acidentes, seja para apontar um emprego eficaz de energia para a propulsão (Pereira; Botelho, 2018). No entanto, a própria coexistência entre o conceito atual de mobilidade com o conceito de mobilidade autônoma não é abordada na literatura disponível sobre o assunto. Um dos primeiros problemas acontece na incapacidade dos objetos que compõem o cenário urbano de se comunicarem, informarem suas ações e estados.

Tal comunicação precisa ser estabelecida para que haja uma efetiva tomada de decisões dos veículos autônomos no momento em que suas câmeras e radares lhes fornecerem informações conflitantes ou insuficientes (Abuelsamid, 2016). Mesmo dotados de sensores, os veículos característicos da mobilidade autônoma teriam dificuldade para distinguir entre situações similares como, por exemplo, buracos ou poças de água suja, sombras de estruturas e diferenças na tonalidade da manta asfáltica (Shiller, 2016).

Se a presença de objetos estáticos no ambiente já parece colocar em xeque a implementação de veículos autônomos terrestres, quando se adicionam elementos dinâmicos como, por exemplo, outros veículos e pedestres, o cenário para essa possível implementação parece ainda mais desanimador. Como ressalta Schiller (2016), uma vez em circulação, esses veículos interagirão com objetos não gerenciados por IA e seus algoritmos poderão ser ineficazes em captar, analisar e processar as possibilidades de interações com esses objetos na velocidade necessária. Tendo em vista a tendência desses veículos autônomos em terem como prioridade a segurança e conforto de seus passageiros, caberá à infraestrutura das cidades gerenciarem de forma segura seus pedestres, animais e ciclistas (Schwab, 2018). Sob essa perspectiva, a aleatoriedade do ambiente urbano, no mínimo, precisará ser monitorada para auxiliar os veículos autônomos no planejamento de suas ações.

Por mais avançados que pareçam, os sensores óticos dos veículos autônomos ainda são equiparados à visão humana e estão sujeitos a interpretações incorretas caso a captação da luz seja precária (Abuelsamid, 2016). Existe ainda uma limitação nos sistemas de GPS (sistema de posicionamento global) e nos sistemas que mapeiam o entorno do veículo, impedindo-os de se atualizarem em tempo real sobre as dinâmicas humanas e do clima sobre a infraestrutura da pista (Schiller, 2016). Uma vez que a comunicação entre veículos autônomos e entre esses e o ambiente se dará via internet, caberá a todos (veículos e ambiente) comunicar a pedestres e ciclistas o estado dessa dinâmica (Schwab, 2018).

Observa-se que ainda é cedo para confiar aos veículos sem motorista todas as demandas que a mobilidade autônoma exige. A infraestrutura da pista precisa estar tão tecnologicamente atualizada quanto os veículos que trafegam por ela. Como sugerem Jordan e Russel (1999), sistemas autônomos perdem consideravelmente parte de suas capacidades ao lidarem com ambientes dinâmicos com variáveis em excesso. Para que elementos cujos comportamentos são aleatórios, como por exemplo, ciclistas, pedestres, animais e condições climáticas; é preciso multiplicar os agentes de coleta, análise e processamento de dados em toda a cadeia de transporte.

O terceiro fator de influência externo ao ser humano está relacionado com a IA que é o principal pilar da mobilidade autônoma e a complexidade dessa área inicia em sua própria definição. Esta vai para além das áreas de engenharia de softwares ou matemática, abarcando áreas como linguística, psicologia, filosofia, etc. (SCHANK, 1990). No entanto, ainda a associamos a um ramo da ciência capaz de reproduzir as capacidades cognitivas e planejar reações tidas, até então, como exclusivas da espécie humana (Teixeira, 1990).

É sabido que a reprodução da inteligência humana por uma máquina ainda é impossível de ser atingida, dessa maneira há um esforço para o desenvolvimento e aperfeiçoamento de máquinas capazes de aprenderem a executar sozinhas determinadas demandas (Mcbride; Vance, 2019). Isso se mostra desafiador uma vez que um dos objetivos da pesquisa em IA é descobrir a natureza da própria inteligência (Schank, 1990). Para se fazer uma máquina inteligente é preciso entender o que é inteligência e de onde ela se origina. Sendo assim, faz-se importante ressaltar a notável ausência de habilidade das máquinas na propensão para encarar fatos e ideias de um

ponto de vista puramente racional. Essa ausência de racionalidade pura ainda é um abismo significativo entre máquinas autônomas e os seres humanos (Teixeira, 2011).

De acordo com Augé (2010, p.10), “a ciência não para de progredir em um ritmo acelerado (somos incapazes de dizer qual será o estado de nossos conhecimentos em trinta anos)”. Em determinado momento existirá uma realidade na qual máquinas autônomas serão comuns e se encarregarão de todas as atividades perigosas e tediosas (Norman, 2008). Enquanto não se obtiver uma infraestrutura dotada de IA capaz de auxiliar um veículo também possuidor de IA, não será possível confiar toda a resolução de problemas que o trânsito exige a um só agente inteligente.

Um agente inteligente focado na resolução de problemas gerais tende a ser menos eficiente se comparado a um outro designado para a resolução de problemas específicos (Zhang; Dechter; Korf, 2001). Enquanto não for possível uma rede que conecte diferentes agentes inteligentes especializados, os usuários serão elementos-chave na forma como tais máquinas lidarão com novas situações (Pereira ; Botelho, 2018).

Espera-se que uma IA no controle de um veículo autônomo, ao imitar como seres humanos imprimem direção e sentido, seja capaz de evitar colisões e seguir um determinado caminho. Por isso é aguardado que essa IA também seja capaz de imitar todas as atividades mentais ligadas à condução veicular (Teixeira, 1990). Infelizmente, mesmo com todo esforço obtido em 60 anos de pesquisas e desenvolvimento, os computadores com maior capacidade de processamento de dados são capazes de emular uma fração do poder de análise do cérebro de um camundongo médio (Mcbride; Vance, 2019).

Os avanços graduais nas áreas que trabalham com IA fomentaram a criação de realidades otimistas quanto à capacidade dos computadores de se igualarem à inteligência humana. Apesar das críticas a esse otimismo, tais avanços apontam para um desafio a ser superado para que se possa ter algo semelhante à mente humana (Teixeira, 1990).

Fatores de influência internos ao ser humano

Assim como os fatores de influência externas ao ser humano, existem aqueles de influência interna. O primeiro deles versa sobre o comportamento, emoções e cognição humana. A cognição humana é capaz de dar ao indivíduo uma visão ampla do

modo à sua volta, no entanto, são as emoções que o fazem agir de maneira repentina antes que seja possível avaliar todo o contexto (Norman, 2008). Segundo Barbosa (2018), o comportamento de um indivíduo em conjunto com as emoções impacta na forma como esse indivíduo age enquanto dirige. A IA responsável pelas tomadas de decisões de um agente autônomo deverá respeitar as leis de trânsito local, ao passo que deverá lidar com agentes humanos, que não necessariamente seguem de maneira correta as mesmas leis (Hoffmann, 2005).

Veículos autônomos precisarão de algoritmos complexos para prever o comportamento de um carro guiado por um ser humano ao passo que avalia em que medida é possível infringir uma lei de trânsito para evitar acidentes. Existe uma relação entre uma maior ocorrência de acidentes entre pessoas que têm pouco apreço pelas leis de trânsito se comparada com aquelas que veem benefícios nelas (Marín-León; Vizzotto, 2003). Há ainda a possibilidade de os veículos autônomos aprenderem sozinhos a partir do reconhecimento dos padrões de condução dos motoristas humanos. Os diversos agentes humanos presentes no trânsito são complexos por natureza, além do conhecimento das leis de trânsito e sua disposição em cumpri-las, seu estado emocional influencia severamente no seu comportamento (Barbosa, 2018).

Homens e mulheres parecem encarar a possibilidade de se locomover por meio de veículos autônomos de maneiras diferentes. Mulheres tendem a elencar emoções negativas como, por exemplo, a ansiedade, ao pensar em veículos autônomos; ao passo que homens têm a tendência de elencar emoções positivas como, por exemplo, o prazer (Hohenberger; Sporrle; Welp, 2016). Apesar da abertura que a maioria das pessoas demonstra ter sobre veículos autônomos, as iniciativas abertas ao grande público costumam operar em baixas velocidades e com pouca interação com o trânsito típico dos grandes centros urbanos. Isso quebra as expectativas das pessoas quanto à capacidade dessa tecnologia em gerar resultados e ajudar na redução do consumo de combustível (Piao et al., 2016).

Para Norman (2008), um dos alicerces que fundamentam a base das relações humanas é a confiança. No caso de veículos autônomos que venham frustrar as expectativas de seus usuários, tal relação consistirá em um ataque à credibilidade, pois tais veículos não desempenham suas funções de acordo com o que se espera deles. Isso se explica pelo fato da mente humana criar modelos e padrões de como as coisas funcio-

nam. Portanto, quando há diferenças entre o modelo mental gerado e a realidade, as pessoas tendem a demonstrar emoções negativas (Brooks, 2014).

Se um veículo autônomo seguir rigidamente as leis de trânsito, poderá apresentar desempenho inferior graças à postura de motoristas humanos à sua volta. Motoristas humanos poderão, por exemplo, ignorar a preferência de passagem de um veículo autônomo fazendo com que a IA do veículo evite forçar um avanço, o que aumentaria as chances de colisão. O ambiente do qual participam carros autônomos e seres humanos é caótico, tendendo a levar seus usuários a situações estressantes gerando um sistema retro alimentador, o qual, ao estressar o componente humano, influencia o seu comportamento levando-o a gerar mais desordem e mais estresse (Medeiros et al., 2018).

Atrelada ao comportamento e às emoções está a cognição humana, que desempenha papel relevante na interação das pessoas com esse novo conceito de mobilidade. Segundo Larica (2003), para que se possa lidar com aparelhos tecnológicos contemporâneos é preciso que se desenvolva uma série de linguagens e de repertório diversificados. Isso graças às múltiplas possibilidades que tais dispositivos oferecem, visto que nem sempre, a interação com esses aparelhos baseia-se na forma como se interagiria com modelos anteriores.

Dirigir não exige do motorista o conhecimento específico de como cada subsistema de propulsão trabalha em conjunto com outros para que o veículo se movimente (Ososky et al., 2014). No entanto, por mais simples que dirigir um automóvel possa parecer, a atividade requer certo treino e repertório, sobretudo quando se considera que situações adversas acontecem mesmo para aqueles profissionais bem treinados e em plena posse de suas faculdades mentais e físicas.

Percebe-se, então, uma carência de fronteiras que estabeleçam corretamente as interações de aspectos puramente humanos e artificiais (Mcbride; Vance, 2019). Veículos com tecnologia autônoma embarcada podem ser vistos como objetos altamente complexos. As ações e decisões desses veículos extrapolam a imagem mental criada a partir dos carros sem automação. Assim sendo, um veículo autônomo pode apresentar erros de diversas formas a ponto de frustrar as expectativas de seus ocupantes (Norman, 2008).

O segundo fator de influência interno diz respeito a interação humano-automatização. O desenvolvimento tecnológico, observado nos últimos anos, permitiu à automatização

expandir sua presença para além das fábricas. Para Floridi (2014), é notório o hábito humano em delegar, cada vez mais, à automação suas tarefas rotineiras, gestão de dados e tomadas de decisões.

É notável que mesmo havendo um sistema automatizado que garanta uma mobilidade autônoma para a maioria dos elementos presentes em um sistema viário, operar um veículo em vias públicas pode se mostrar desafiador. Existem muitas interações com objetos de comportamentos pouco previsíveis (outros veículos conduzidos exclusivamente por humanos, pedestres, animais, etc.) (Parikh; Joshi, 2017). Essas questões são de grande importância, haja vista a quantidade de usuários a bordo de veículos totalmente (ou parcialmente) automatizados que não possuem treinamento de como lidar com automação. O contato esporádico com esses veículos ou a falta de treinamento adequado pode alimentar expectativas incorretas frente às capacidades e limitações da automação ali presente (Janssen et al., 2019).

Segundo Kaber (2017), existe uma dificuldade no campo da interação humano-automação, relacionada ao desenvolvimento de modelos que prevejam o desempenho tanto do humano quanto do sistema. Diversos fenômenos da interação humano-automação observados em contextos industriais podem ser aplicados no caso da mobilidade autônoma tais como excesso de confiança no sistema automatizado, subutilização de funções e de recursos, assim como, negligência das limitações do próprio sistema.

A decisão de um agente humano por usar um sistema automatizado baseia-se na confiabilidade e precisão desse sistema (Parasuraman; Riley, 1997). Havendo uma percepção de que o sistema é confiável e preciso, o agente humano pode desenvolver uma complacência frente à automação. A complacência se caracteriza pelo excesso de confiança de um operador humano nas capacidades de um sistema automatizado em executar uma atividade, acarretando a perda da consciência na situação de atividade (Hancock et al., 2013). Quando o sistema falha, por qualquer motivo, o agente humano sem ciência da situação necessitará de mais tempo e esforço cognitivo para entender o status do sistema e o ambiente à sua volta para formular uma (re)ação corretiva adequada (Endsley, 1996).

Outro fenômeno típico da interação humano-automação é a subutilização de recursos e funções. Esse fenômeno é fruto das percepções do agente humano frente à confiabilidade e precisão de um sistema automatizado. No entanto, tende a ocorrer em

situações de alto risco nas quais as escolhas do agente humano geram consequências significativas (Riley, 1996). São exemplos da subutilização de recursos e funções ignorar avisos de segurança ou desativar notificações e alertas (Parasuraman; Riley, 1997). Esse comportamento de dúvida do agente humano em relação às capacidades do sistema automatizado pode sobrecarregar o operador e, a depender do grau de descrença na automação, induzi-lo ao erro.

A negligência das limitações do próprio sistema automatizado é outro fenômeno relevante nas interações humano-automação. Segundo Parasuraman e Riley (1997), este fenômeno está relacionado à tomada de decisão de um projetista ou gerente, pelo uso da automação em situações não apropriadas para tal. Essa negligência pode aparecer na falta de consideração do agente humano como parte da atividade executada e a sua intervenção não é considerada em caso de falhas do sistema (Hancock et al., 2013). Sistemas automatizados projetados para substituir agentes humanos podem ter seu desempenho comprometido por excluir intervenções de operadores em situações em que o sistema não é capaz de contornar problemas por conta própria (Lee, 2008).

Percebe-se, também, outro fenômeno que emerge nas interações entre humanos e sistemas automatizados: o abuso. Este se refere ao fenômeno do humano impor uma condição de trabalho para além das capacidades de um sistema automatizado. No contexto da mobilidade automatizada, o abuso pode ocorrer quando algum pedestre ou ciclista, por livre e espontânea vontade, executa uma manobra de risco sabendo que os veículos automatizados são programados para evitar acidentes, por exemplo. Ou quando esses mesmos pedestres ou ciclistas se colocam em situações de risco como forma de saciar uma curiosidade própria em saber quais estratégias serão tomadas pelo veículo automatizado para evitar um acidente.

Percebe-se, então, que os diferentes fenômenos ligados à interação humano-automação observados em setores industriais e militares encontram representações equivalentes em um cenário de mobilidade autônoma. Usuários poderão apresentar posturas diversas frente à alta automação dos veículos. Alguns podem demonstrar total complacência, total descrença e outros poderão se sentir instigados a testar os limites da automação. Além disso, fabricantes desses veículos podem desenvolver sistemas que eliminam o usuário das rotinas de execução da tarefa, dificultando a intervenção do usuário em caso de anomalias no desempenho seguro do veículo.

Por fim, o terceiro fator de influência interno está relacionado a questões éticas e morais. A sociedade contemporânea é dotada de dogmas e signos que podem representar um grande obstáculo para a implementação de uma mobilidade totalmente autônoma. Isto se dá pelo fato de existir um cenário de transição, no qual veículos autônomos interagirão com veículos não-autônomos em ambientes que podem conter, ou não, meios para emitir informações de auxílio à veículos e motoristas.

Esse cenário de transição não possui a maior parte das suas variáveis controladas ou previsíveis e, portanto, veículos autônomos necessitarão de capacidades de tomadas de decisões tão complexas quanto as capacidades humanas. Por consequência, a escolha por determinada atitude acaba por esbarrar em questões éticas e morais vigentes na sociedade na qual tal veículo estiver inserido.

Um primeiro indício seria a questão de como novos modelos de mobilidade vêm reforçando ainda mais os aspectos individualistas e pouco conectados com as características sociais e regionais do usuário (Augé, 2010). Cedo ou tarde, veículos autônomos estarão diante de dilemas morais como, por exemplo, atropelar pedestres para proteger a si mesmos e seus ocupantes (Bonnefon; Shariff; Rahwan, 2016). Os algoritmos que guiarão os veículos autônomos estão no limite técnico e ético acerca de qual é a melhor saída em caso de acidentes e falhas repentinas ou, ainda, de quais são as vidas que devem ser priorizadas (Schiller, 2016).

Veículos autônomos chegarão ao mercado com elevados preços, sendo adquiridos por uma parcela da população economicamente elevada. Tais compradores, dado o investimento expressivo nesses veículos, não se sentirão atraídos por veículos cujo computador central opte por sacrificá-lo em prol de um número qualquer de pedestres. Essa percepção parece encontrar respaldo na gerência do departamento de sistemas de auxílio ao motorista da Mercedes-Benz, que priorizará a segurança dos ocupantes do veículo em detrimento de outras (Dogson, 2016). Mundialmente, os sistemas jurídicos ainda carecem de precedentes sólidos para lidar com tais situações. Se parece difícil aplicar sentenças a seres humanos quando tomam decisões em situações como essas, pode-se considerar próximo do impossível aplicar sentenças quando o agente dessas decisões é um veículo inteligente.

A lei e a moral são um dos pilares para o bem-estar de uma sociedade. Na lei e na moral encontram-se recursos para garantir justiça e coesão social, uma vez que sua criação e aplicação carece de fundamentos lógicos e passíveis de justificativas (Prakken;

Sartor, 2015). Veículos que não necessitam de motoristas, assim como tantas outras máquinas automatizadas, estão se encarregando de tarefas complexas e cabe aos seus inventores programarem o modo como será a interação destes com o ambiente e as pessoas (Norman, 2008).

Até o presente momento, parece não haver restrições jurídicas que resguardem a integridade humana nas interações do veículo autônomo com o ambiente e as pessoas. Isto deixaria os não-ocupantes de tais veículos à mercê da bússola moral de quem fabrica e programa tais máquinas. Em adição, as pessoas parecem ser contra a imposição de leis que obriguem as montadoras a produzir veículos tomadores de decisões utilitaristas, ao passo que reconhecem que leis muito restritivas podem atrasar a chegada de carros autônomos, o que contribuiria para a manutenção dos índices de acidentes fatais (Bonneton; Shariff; Rahwan, 2016).

Considerações finais

Este artigo objetivou analisar os principais obstáculos para a implementação da Mobilidade 4.0 ao passo que se discutia seus impactos a partir da perspectiva humana. O recorte do trabalho focou na mobilidade urbana terrestre, sobretudo, nos veículos autônomos que tenderão a compartilhar vias públicas com pedestres, ciclistas, animais e outros motoristas. Através de uma revisão sistemática da literatura levantada, percebeu-se que a mudança de paradigma trazida pela Mobilidade 4.0 adiciona ao ambiente novas camadas de complexidade ao contexto urbano. Dessa maneira, um cenário de completa automatização da mobilidade urbana ainda se mostra distante, apesar dos esforços de diversos setores da indústria apontarem neste sentido.

Após análise, concluiu-se que o cenário de transição para uma mobilidade não-autônoma para uma Mobilidade 4.0 possui diversos desafios. Tais desafios estão relacionados à fatores externos ao ser humano e internos à ele. Os fatores externos incluem a alta aleatoriedade do ambiente de uso de veículos autônomos e as limitações que a IA tem ao lidar com múltiplas variáveis ao mesmo tempo. A solução para tais desafios parece caminhar no destino de áreas e vias exclusivas para veículos autônomos, onde haja alto controle sobre as variáveis que ali incidem enquanto são desenvolvidas IAs generalistas.

Já os fatores internos incluem os comportamentos, as emoções e a cognição humana atuantes na forma como seres humanos interagem com o trânsito e com sistemas automatizados. Questões éticas e morais também desempenham um papel importante na maneira como a sociedade lidará com falhas no sistema e veículos autônomos. A solução para estes desafios parece caminhar na reforma educacional para o trânsito, incluindo procedimentos de como interagir e operar veículos autônomos. Em adição,

Referências

- ABUELSAMID, Sam. *Tesla autopilot fatality shows why lidar and v2v will be necessary for autonomous cars*. *Revista Forbes*. Jul. 2016. Disponível em: <<https://www.forbes.com/sites/samabuelsamid/2016/07/01/first-tesla-autopilot-fatality-demonstrates-why-lidar-and-v2v-probably-will-be-necessary/#56cd5b892d91>>. Acesso em: 27 out. 2019.
- AUGÉ, Marc. *Por uma antropologia da mobilidade*. Limeiras: EDUFAL, 2010. 109p.
- AZMAT, Muhammad. *Impact of autonomous vehicles on urban mobility*. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Supply Chain Management, Institut Für Transportwirtschaft Und Logistik, Vienna University Of Economics And Business, Vienna, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/281243480_IMPACT_OF_AUTONOMOUS_VEHICLES_ON_URBAN_MOBILITY. Acesso em: 29 mar. 2020.
- BANYAI PEREIRA, S.; DIAS BOTELHO, R. *Factores humanos, inteligencia artificial y autos autónomos: Perspectivas para una implementación compleja*. *Revista de Ciencia y Tecnología*, v. 36, n. 1, p. 61–69, 2021. DOI: 10.36995/j.recyt.2021.36.008.
- BARBOSA, Lucicleide L. *Trânsito como espaço social: personalidades e comportamentos*. *Psicologia.pt – O Portal dos Psicólogos*. p. 1-9, 2018. Disponível em: <<https://www.psicologia.pt/artigos/textos/A1185.pdf>>. Acesso em 9 dez. 2019
- BROOKS, David. *O animal social: a história de como o sucesso acontece*. Rio de Janeiro: Objetiva, 2014. 496p.
- CAMPANA, Julia R.; QUARESMA, Manuela. *The Importance of Specific Usability Guidelines for Robot User Interfaces*. In: MARCUS, Aaron; WANG, Wentao (ed.). *Design, User Experience, and Usability: designing pleasurable experiences*. *Designing Pleasurable Experiences*. v.10289. (Lecture Notes in Computer Science - Part II). *Proceedings of the 6th International Conference on Design, User Experience, and Usability, DUXU 2017*. Vancouver: Springer, 2017. p. 471-483.
- DAVIES, Alex; MARSHALL, Aarian. *Are We There Yet? A Reality Check on Self-Driving Cars*. *Revista Wired*. Abr. 2019. Disponível em: <<https://www.wired.com/story/future-of-transportation-self-driving-cars-reality-check/>>. Acesso em: 14 out. 2019.
- DOGSON, Lindsay. *Why Mercedes plans to let its self-driving cars kill pedestrians in dicey situations*. *Business Insider*. Out. 2016. Disponível em
- ENDSLEY, Mica R. *Automation and situation awareness*. In: PARASURMAN, R.; MOULOUA, M., (Ed.). *Automation and human performance: theory and applications*. Mahwah: Lawrence Erlbaum, 1996. p.163-181.
- FAGNANT, Daniel, J.; KOCKELMAN, Kara, M. *Preparing a nation for autonomous vehicles: Opportunities, barriers and policy recommendations*. ENO Center for Transportation. Washington – DC. 2013. Disponível em: <<https://www.enotrans.org/etl-material/preparing-a-nation-for-autonomous-vehicles-opportunities-barriers-and-policy-recommendations/>>. Acesso em: 15 out. 2018.

- FOLCHER, Vivian; RABARDEL, Pierre. *Homens, artefatos, atividades: perspectiva instrumental*. In: FALZON, P. *Ergonomia*. São Paulo: Blucher, 2007, p. 207-222.
- FLORIDI, Luciano. *The 4th revollution: How the infosphere is reshaping human reality*. Nova Iorque: Oxford Press, 2014. 264p.
- FLÜGGE, Barbara. Introduction. In: FLÜGGE, B. (ed.). *Smart Mobility – Connecting Everyone*, *Gewerbestr: Springer Fachmedien Wiesbaden*. 2017, cap. 1, p. 1-3. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-15622-0_1
- FLÜGGE, Barbara; PFRIEMER, Heinrich. *Impact of Smart Mobility on Existing Sectors*. *Smart Mobility – Connecting Everyone*, p. 85, 2017. *Springer Fachmedien Wiesbaden*.
- HANCOCK, Peter A. et al. *Human-automation interaction research: past, present, and future*. *Ergonomics in Design: The Quarterly of Human Factors Applications*, v. 21, n. 2, p. 9–14, abr. 2013. <https://doi.org/10.1177/1064804613477099>.
- HERMANN, Mario; PENTEK, Tobias; OTTO, Boris. *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review*. Working paper, p. 1-16, 2015. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.488>
- HOC, Jean-Michel. *Gestão da situação dinâmica*. In: FALZON, P. *Ergonomia*. São Paulo: Blucher, 2007, p. 443-454.
- HOFFMANN, Maria H. *Comportamento do condutor e fenômenos psicológicos*. *Psicologia: Pesquisa & Trânsito*, v. 1, n. 1, p.17-24, jul./dez. 2005.
- HOHENBERGER, Christoph; SPÖRRLE, Matthias; WELPE, Isabell M.. *How and why do men and women differ in their willingness to use automated cars? The influence of emotions across different age groups*. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 94, p.374-385, dez. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tra.2016.09.022>.
- HOLLNAGEL, Erik. *Human factors/ergonomics as a systems discipline? “The human use of human beings” revisited*. *Applied Ergonomics*, v. 45, n. 1, p. 40-44, jan. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2013.03.024>.
- JANSSEN, Christian P. et al. *History and future of human-automation interaction*. *International Journal Of Human-Computer Studies*, v. 131, p. 99-107, nov. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijhcs.2019.05.006>.
- JONES, Tim. *Mobility – Change for the Good*. In: FLÜGGE, B. (edit). *Smart Mobility – Connecting Everyone*. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2017, p. 9-14. https://doi.org/10.1007/978-3-658-15622-0_2.
- JORDAN, Michael I.; RUSSELL, Stuart. *Computational intelligence. The MIT encyclopedia of the cognitive sciences*. Cambridge: The MIT Press.1999, p.74-91
- KABER, David B.. *Issues in Human–Automation Interaction Modeling: presumptive aspects of frameworks of types and levels of automation*. *Journal Of Cognitive Engineering And Decision Making*, v. 12, n. 1, p. 7-24, 19 out. 2017. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/1555343417737203>.
- LAPIDUS, L. V.; SHOROKHOVA, V. N.. *Transformation of business models in the automotive industry in the context of the development of unmanned technologies*. *Intellect. Innovations. Investments*, n. 2, p. 19-33, 2023. Orenburg State University. <http://dx.doi.org/10.25198/2077-7175-2023-2-19>.
- LARICA, Neville J. *Design de automóveis: a arte em função da mobilidade*. 1.ed. Rio de Janeiro: 2AB/

PUC-Rio, 2003. 216p.

LEE, John D. Review of a pivotal human factors article: "humans and automation: use, misuse, disuse, abuse". *Human Factors*, v. 50, n 3, p. 404-410, 1 jun. 2008, Human Factors and Ergonomics Society. <https://doi.org/10.1518/001872008X288547>.

MAGAGNIN, Renata C.; SILVA, Antônio N. R. A percepção do especialista sobre o tema mobilidade urbana. *Transportes*, v. 16, n. 1, p.25-35, 17 dez. 2008. *Lepidus Tecnologia*. <http://dx.doi.org/10.14295/transportes.v16i1.13>.

MARÍN-LEÓN, Leticia; VIZZOTTO, Marília Martins. Comportamentos no trânsito: um estudo epidemiológico com estudantes universitários. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, p. 515-523, Apr. 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2003000200018>.

MAURER, M. Introduction. In: MAURER, M.; GERDES, J. C.; Lenz, B.; WINNER, H. (Orgs). *Autonomous Driving: technical, legal and social aspects*. Berlin: Springer, 2016. cap. 1, p. 1-7. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-48847-8_1.

MCBRIDE, Sarah; VANCE, Ashlee. Apple, Google, and Facebook Are Raiding Animal Research Labs. *Bloomberg*. Seção Hyperdrive. Jun. 2019. Disponível em: <<https://www.bloomberg.com/news/features/2019-06-18/apple-google-and-facebook-are-raiding-animal-research-labs?srd=hyperdrive>>. Acesso em: 21 out. 2019.

MEDEIROS, E. L., et al. Estresse e comportamentos de risco no trânsito. *Temas em Saúde*, João Pessoa, v. 18 n. 1, p. 31-50, 2018. Disponível em: <<http://temasemsaude.com/wp-content/uploads/2018/04/18103.pdf>>. Acesso em: 09 dez. 2019.

MITREA, Oana; KYAMAKYA, Kyandoghene. (How) will autonomous driving influence the future shape of city logistics? *Istrazivanja I Projektovanja Za Privredu*, v. 15, n. 1, p. 45-52, 2017. Centre for Evaluation in Education and Science (CEON/CEES). <http://dx.doi.org/10.5937/jaes15-12178>.

MIYASAKA, E. L. ; FABRICIO, M. M. .; PAOLETTI, I. . A Quarta Revolução Industrial no Brasil: Arquitetura, Engenharia e a Construção Civil. *arq.urb*, n. 25, p. 1-14, 2019. DOI: 10.37916/arq.urb.vi25.11. Disponível em: <https://revistaarqurb.com.br/arqurb/article/view/11>. Acesso em: 11 jun. 2023.

NORMAN, Donald. *Design emocional*. Rio de Janeiro: Rocco, 2008. 322p.

OSOSKY, Scott. et al. Determinants of system transparency and its influence on trust in and reliance on unmanned robotic systems. *Proceedings Unmanned Systems Technology XVI*, v. 9084 n.90840, p. 1-12, 3 jun. 2014. SPIE Digital Library. <https://doi.org/10.1117/12.2050622>.

PAGE, Matthew J et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Bmj*, p. 1-7, 29 mar. 2021. *BMJ*. <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.n71>.

PARASURAMAN, Raja; RILEY, Victor. *Humans and Automation: use, misuse, disuse, abuse*. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, v. 39, n. 2, p. 230-253, jun. 1997. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1518/001872097778543886>.

PARIKH, Viken; JOSHI, Krina. Autonomous cars using embedded systems and spherical wheels. *IJSRD - International Journal for Scientific Research & Development*. Mumbai, v. 5, n. 9, p. 146-150, Set. 2017.

PERASSO, Valeria. O que é a 4ª revolução industrial e como ela deve afetar nossas vidas. *G1/BBC Brasil*, Seção Economia. 22 out. 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/negocios/noti>>

cia/2016/10/o-que-e-a-4a-revolucao-industrial-e-como-ela-deve-afetar-nossas-vidas.html>. Acesso em: 14 fev. 2020.

PEREIRA, S. B.; BOTELHO, R. *Design de Interação: fatores humanos e os carros autônomos*. *Design e Tecnologia*, v. 8, n. 16, p. 69-86, 31 dez. 2018.

PIAO, Jinan et al. *Public Views towards Implementation of Automated Vehicles in Urban Areas*. *Transportation Research Procedia*, v. 14, p.2168-2177, 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.232>.

PRAKKEN, Henry; SARTOR, Giovanni. *Law and logic: A review from an argumentation perspective*. *Artificial Intelligence*, v. 227, p.214-245, out. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.artint.2015.06.005>.

REDSHAW, Sarah. *In the company of cars: driving as a social and cultural practice (Human factors in road and rail transport)*. Aldershot: Ashgate Publishing Limited, 2008. 187p.

RILEY, Victor. *Operation reliance on automation: theory and data*. In: PARASURMAN, R.; MOULOUA, M., (ed.). *Automation and human performance: theory and applications*. Mahwah: Lawrence Erlbaum, 1996. p. 19-35.

SCHANK, Roger. *What is AI, anyway?*. In: PARTRIDGE, D.; WILKS, Y. *The foundations of artificial intelligence: a sourcebook*. Nova Iorque: Cambridge University Press, 1990, p. 1-13.

SCHILLER, Preston L. *Automated and Connected Vehicles: High Tech Hope or Hype?*. *World Transport Policy And Practice*, Church Stretton, v. 22, n. 3, p.28-44, out. 2016. Disponível em: <<http://worldtransportjournal.com/wp-content/uploads/2016/10/4th-Oct-opt.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2016.

SCHWAB, Katharine. *Smart roads could protect us from self-driving cars crashes*. *Fast Company*. Fev. 2018. Disponível em: <<https://www.fastcompany.com/90160958/smart-roads-could-protect-us-from-self-driving-car-crashes>>. Acesso em: 20 out. 2019.

SCHWAB, Klaus. *A quarta revolução industrial*. São Paulo: Edipro, 2016. 159 p.

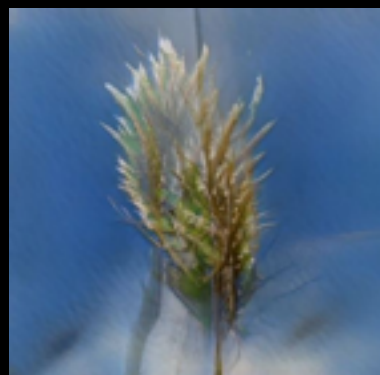
SILVA, Fernando Nunes da. *Mobilidade urbana: os desafios do futuro*. *Cadernos Metrópole*, v. 15, n. 30, p. 377-388, dez. 2013. ISSN 2236-9996. <http://dx.doi.org/10.1590/17486>.

SILVEIRA, Márcio Rogério; COCCO, Rodrigo Giraldi. *Transporte público, mobilidade e planejamento urbano: contradições essenciais*. *Estudos Avançados*. São Paulo, v. 27, n. 79, p. 41-53, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142013000300004>.

TEIXEIRA, João de Fernandes. *O que é inteligência artificial*. São Paulo: Brasiliense, 1990. 76p.

TEIXEIRA, João de Fernandes. *Mente, cérebro e cognição*. 4 ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2011. 167p.

ZHANG, Weixiong; DECHTER, Rina; KORF, Richard E. *Heuristic search in artificial intelligence*. *Artificial Intelligence*, v. 129, n. 1-2, p.1-4, jun. 2001. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0004-3702\(01\)00111-4](http://dx.doi.org/10.1016/s0004-3702(01)00111-4).



■ Giselle Beiguelman, frames do vídeo generativo da série Flora Rebellis, versão 2024.
Imagens geradas com Inteligência Artificial (Style Gans)

■ [Acesse o vídeo clicando na imagem](#)

