Design de Interação: fatores humanos e os veículos autônomos

Sandor B. Pereira, **sandorbanyai@live.com –** Instituto de Artes e Design, Departamento de Artes e Design, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil

Róber D. Botelho, **roberrubim@yahoo.com –** Instituto de Artes e Design, Departamento de Artes e Design, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil

Resumo

A mobilidade urbana é um fator crítico nas grandes metrópoles mundiais e em toda a cadeia logística de transporte público. Com o aumento da população e consequentemente o aumento da frota de veículos, o sistema de trânsito se torna a cada dia mais caótico. Calculam-se prejuízos econômicos na escala dos milhões de dólares todos os anos com horas produtivas dos trabalhadores presos em engarrafamentos ou afastados devido a acidentes de trânsito. Do total de acidentes de trânsito registrados, 94% destes são causados simplesmente por erro humano. Portanto existe a latente chance de que veículos não necessitarão da dependência humana no controle do deslocamento para dentro e fora das grandes cidades, reduzindo assim os altos índices de fatalidades nas estradas e rodovias. Diversas tecnologias visam substituir os sentidos humanos, raciocínio e intencionalidade para que Inteligências artificiais conectadas em redes possam guiar veículos sem motoristas pelos labirintos urbanos. Sobre a ótica de muitos especialistas e pesquisadores sobre o tema, não há dúvidas que o futuro da mobilidade será autônomo e que o ser humano será um mero elemento passivo dentro de toda a cadeira de transporte particular e público. Nesse prisma, o vigente trabalho teve como objetivo maior apontar os elementos que demonstram a importância do ser humano como agente principal nas interações entre humanos, sistemas autônomos e entre sistemas autônomos. Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizada uma estrutura metodológica de caráter qualitativo e com método indutivo. A natureza da pesquisa é de referência básica e o de cunho exploratório. Como resultados, fica evidente, dadas as informações apresentadas, que a automatização dos veículos não ausenta os fatores humanos nas tomadas de decisões dos carros autônomos. O ambiente em que estes carros operam é composto por um relevante número de variáveis que podem exaurir seus recursos computacionais antes que se chegue a uma saída hábil para um problema repentino. Em consonância com a condição anterior, os motoristas humanos não estão prontos para abdicar do controle completo das máquinas dada à conexão comportamental centenária entre humanos e veículos. Além disso, a falta de transparência no processo de tomada de decisão de computadores e pela falta de consolidação deste tipo de tecnologia nas estradas tornam o sistema autônomo dependente da interpretação e do julgamento humano.

Palavras-chave**: **Carro autônomo, Design de interação, Fatores humanos, Mobilidade urbana.

Interaction Design: human factors & autonomous vehicles

Abstract

Urban mobility is a key factor in the world great metropolises and into the entire public transport logistics chain. In a perspective of population increase and consequently the increase of the fleet of vehicles, the traffic system becomes more and more chaotic every day. The calculation of the probability of loss of millions of dollars must be made in years with the benefits of workers stucked in or retired due to traffic accidents. Of the total number of traffic accidents recorded, 94% are simply human error. There is a latent chance that vehicles are not necessarily replaced by high fatality rates on highways and highways. Several technologies are aimed at converting human senses, reasoning and intentionality so that the artificial intelligences connected on networks can guide driverless vehicles through the urban labyrinths. From the perspective of many specialists and researchers on the subject, there is no doubt that the future of mobility will be autonomous and that human being will be a passive element throughout the private and public transport chain. Under this perspective, the current article has as its main objective point out the elements which demonstrate the importance of the human being as main agent in the interactions between human, autonomous systems and between autonomous systems. In order to develop this work, a qualitative and methodological structure with an inductive method was used. The nature of the research is basic reference and the exploratory one. As results, became evident, given the information presented, that automation of vehicles does not absent the human factors in the decision taking of autonomous cars. The environment where these cars operate is composed of a relevant number of variables that could exhaust their computational resources before a satisfactory answer for a sudden problem would be reached. According with the previously condition, human drivers are not ready to give up the complete control of the machines given the centennial behavioral connection between humans and vehicles. In addition to that, the lack of transparency in the decision-making process of computers and the lack of consolidation of this type of technology on the roads make the autonomous system dependent on human interpretation and judgment.

Keywords: Autonomous vehicles, Interaction design, Human factors, Urban mobility.

1. INTRODUÇÃO

A mobilidade urbana é um fator crítico nas grandes metrópoles mundiais. Com o aumento da população e da frota, o sistema de trânsito fica cada vez mais caótico. Baseado no salto tecnológico vivido nas últimas décadas conceitos de mobilidade urbana automatizada ganharam forma e saem dos livros de ficção científica para a realidade (YANG e COUGHLIN, 2014). Segundo a ONU (2015), acidentes no trânsito matam cerca de 1,25 milhões de pessoas anualmente. Este tipo de acidente é a principal causa de morte entre os jovens com idades entre 15 e 29 anos. Quase metade de todas as mortes nas estradas é de pedestres, ciclistas e motociclistas. A Google (empresa que vem se aventurando na construção de um carro autônomo nível 4 – classificação que será descrita posteriormente) afirma que 94% dos acidentes de trânsito são causados por erro humano (PIZARRO, 2016). Se as estimativas da Google estiverem corretas, serão aproximadamente 1,17 milhões de pessoas que não perderiam a vida em acidentes de trânsito com a implementação de veículos autônomos. A cada vítima fatal de acidentes automobilísticos, outras 8 pessoas dão entrada em hospitais e 100 são encaminhadas para alas de emergência. Só nos EUA, o custo total relativo a acidentes de trânsito foi de 212 bilhões de dólares em 2012. A estimativa de custo seria em torno de 190 bilhões de dólares com a inserção de carros autônomos nas rodovias norte-americanas (GASQUES, 2015).

Veículos autônomos do controle humano estão em desenvolvimento e tecnologias de transição como "Modo Cruzeiro" e "Assistente de Estacionamento Automático" são agora encontradas em veículos no mercado (HOWLEY, 2012). Existe ainda a latente chance de que veículos não necessitarão da dependência humana na condução do ponto A ao ponto B. Espera-se que esta ausência do controle humano no ato de dirigir reduza a quantidade de acidentes, a emissão de poluentes e a perda de produtividade humana nos congestionamentos (GASQUES, 2015). Transporte é um fator crítico à vida cotidiana das grandes metrópoles, da indústria e do comércio, e envolve mais que simplesmente ir do ponto A ao ponto B (YANG e COUGHLIN, 2014). Pesquisas mostram que aos olhos dos consumidores os itens tecnológicos são mais relevantes do que a potência do motor, segundo William Bertagni, vice-presidente de engenharia da GM América do Sul (PIZARRO, 2016).

Os saltos tecnológicos ocorridos nas últimas décadas permitiram que a inteligência computacional atingisse patamares elevados. Sistemas contemporâneos podem mostrar uma capacidade genérica para aprender as leis físicas do ambiente, para combinar informações colhidas de sensores múltiplos, visualizando e avaliando seus efeitos (JORDAN e RUSSELL, 1999). Entre todas as áreas de automatização que impactam o nosso cotidiano, a mais avançada atualmente é a área automobilística (NORMAN, 2010). Montadoras de automóveis e empresas de tecnologia estão investindo no desenvolvimento de carros autônomos para se obter o máximo de segurança e consumo consciente de combustível. Nos últimos anos o desenvolvimento de *self-driving cars* (carros autônomos) tem progredido a um ritmo nunca antes visto (YANG e COUGHLIN, 2014).

Dentro desta perspectiva o Instituto de Engenharias Elétrica e Eletrônica (IEEE) dos Estados Unidos da América (EUA) prevê que pelo ano de 2040 as autoestradas possuirão pistas designadas para carros autônomos (READ, 2012). Google, Tesla, Volvo, Delphi Automotive e outras empresas já possuem protótipos de direção veicular autônoma sendo testada nas ruas. O futuro da mobilidade tende a ser autônomo e que o ser humano poderá vir a ser um elemento passivo dentro de toda a cadeira de transporte. Sob esta perspectiva, se faz necessário o entendimento do processo transitório e a forma como o ser humano interage com estas máquinas autônomas e semiautônomas para que os resultados possam ser os melhores possíveis em questão de segurança e bem estar; e que esta interação aconteça de forma natural. Por este motivo se fez necessária a pesquisa e investigação sobre o tema, por se tratar de uma realidade amplamente nova e de certezas frágeis. De todos os possíveis benefícios listados na pesquisa, a interação entre este novo produto e o seu usuário pareceu uma questão secundária. De acordo com Yang e Coughlin (2014, p.333), "ironicamente o motorista ou a interação motorista-veículo é um fator largamente negligenciado no desenvolvimento de tecnologias possíveis para veículos autônomos". Segundo Karwowski (2012, p.3), "no passado a ergonomia era guiada pela tecnologia, hoje e no futuro a ergonomia deverá guiar a tecnologia". Norman (2010) ressalta que a coordenação conjunta das atividades humanas e das máquinas autônomas precisa ser criada, que estas sejam tarefas naturais, suaves e agradáveis.

O presente artigo foi delimitado no estudo sobre os fatores humanos ligados ao ato de dirigir, seus respectivos substitutos tecnológicos nos veículos cuja automatização é completa e/ou que permitem a ausência do controle humano sobre as ações do veículo. O vigente artigo tem como objetivo maior ambientar o atual estágio da automatização veicular e apontar elementos que demonstram a importância do ser humano como agente principal nas interações entre humanos - sistemas autônomos e entre sistemas autônomos.

2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizada uma estrutura metodológica de caráter qualitativo, por não ter uma preocupação com a representatividade numérica e sim com o aprofundamento da compreensão de um grupo social, de uma organização, etc. (GOLDENBERG, 2003). Uma abordagem qualitativa visa um maior enfoque na interpretação do objeto de estudo, uma maior importância do contexto do mesmo e uma significante proximidade do pesquisador em relação aos fenômenos estudados (FONSECA, 2002).

O método aqui utilizado foi o método indutivo que, segundo Gil (2008, p.10), "parte-se da observação de fatos ou fenômenos cujas causas deseja-se conhecer e procura-se compará-los com a finalidade de descobrir as relações existentes entre eles". A natureza da pesquisa é básica, pois tem como objetivo gerar conhecimentos novos para o avanço da ciência. O nível de pesquisa aqui usado é o de cunho exploratório que, segundo Gil (2008, p.27), "pesquisas deste nível tem como objetivo proporcionar uma visão geral, de tipo aproximativo, acerca de um determinado fato". Este tipo de pesquisa foi escolhido especialmente pelo fato do tema estabelecido ser pouco explorado e torna-se difícil formular hipóteses precisas e operacionalizáveis. Deste modo, a pesquisa foi dividida nas seguintes etapas:

2.1 Etapa 1 - Fontes

A primeira etapa constituiu em uma vasta pesquisa bibliográfica, que para Silva e Menezes (2005) é elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de livros, artigos de periódicos e atualmente com material disponibilizado na internet. A pesquisa bibliográfica realizada permitiu que este trabalho ganhasse fundamentação necessária para a formulação de hipóteses.

No presente artigo a maior parte do material foi colhido de fontes internacionais, houve o predomínio da língua

inglesa das palavras-chaves usadas como, por exemplo: *driverless car*, *autonomous vehicle*, *artificial intelligence*, etc.

2.2 Etapa 2 – Coleta de dados

A coleta de dados realizada através da pesquisa exploratória no que se refere à literatura publicada sobre o tema proposto. Logo após foi feita uma pesquisa seletiva, filtrando os aspectos que interessam a discussão e por fim, o registro dos dados relevantes.

2.3 Etapa 3 – Análise e interpretação dos dados

Após a coleta de dados, foi feita uma análise crítica dos dados recolhidos para que as informações possam ser condensadas e distribuídas dentro de cada foco específico abordado neste artigo.

2.4 Etapa 4 – Resultado e discussão

Por fim, os dados foram condensados e distribuídos entre os focos que constituem o presente trabalho, foram confrontados para que as hipóteses de solução para o problema levantado fossem geradas.

3. CARROS AUTÔNOMOS

Os veículos autônomos são elementos integrantes do conceito de "Mobilidade 4.0" que, segundo Muhammad Azmat (2015, p.6), "é descrita como mobilidade inteligente na quarta revolução industrial". Mobilidade esta que será focada na completa automatização, alta dependência de inteligência artificial e equipamentos de alta tecnologia a bordo dos veículos. Deste modo a completa automatização veicular se alinha ao conceito geral de carro autônomo estabelecido por Gehrig e Fridtjof (1999) como sendo um veículo capaz de sentir seu ambiente e navegar sem um *input* humano.

3.1 A automatização veicular ao longo da história

O desejo humano por conceber carros que não dependessem do *input* do motorista começa nas primeiras décadas do século XX. Durante anos de 1920 e 1930 carros sem motoristas eram chamados de "*phantom auto*", naquele tempo não existiam computadores e tais veículos eram controlados a distância por outra pessoa. Tais carros guiados por controle remoto eram capazes de parar, soar a buzina, virar à direita e à esquerda, usar o retorno e rotatórias a uma distância de 5 milhas do controle remoto (LAFRANCE, 2016). Estas capacidades foram por duas vezes demonstradas ao público pela empresa Houdina Radio Control no trânsito de Nova Iorque (ABDUL-HUSAIN, 2015).

Ainda na década de 1930, a tecnologia do rádio começava a se fundir com as descobertas do eletromagnetismo, essa fusão ajudou Norman Melanton Bel Geddes – diretor de teatro e designer industrial (DYAL, Donald H, 1983) - a criar a exibição *Futurama* patrocinada pela General Motors (GM) na Feira Mundial de Nova Iorque em 1939 (WEBER, 2014). A exposição mostrava ao público carros elétricos radio-controlados por meio de campos magnéticos inseridos nas faixas de tráfego (WANG, 2016). Na exposição da GM as pessoas puderam ver carros sem motoristas funcionando, mas como também estes mesmos veículos no contexto de uma cidade movimentada, o permitiu a imaginação e o desejo por carros sem motoristas (ABDUL-HUSAIN, 2015).

Já na década de 1950, a RCA Company em parceria com a GM desenvolveu um sistema veículo-estrada em escala real onde circuitos enterrados na estrada eram capazes de controlar os movimentos do veículo, a expectativa era que esta tecnologia estivesse disponível nas estradas norte-americanas em 15 anos (QUIGG, 1960). Na década seguinte, cientistas britânicos construíram protótipos de Citroën DS19 com o mesmo princípio tecnológico "*drive-by-wire*". A tecnologia foi aprimorada permitindo aos protótipos trafegar a 80mph por horas sem a perda de controle ou desvio de rota (REYNOLDS, 2001). Já na década de 1970, o experimento que mais chamou a atenção foi o Stanford Cart, inicialmente um projeto de *rover* lunar, equipado com tecnologia de vídeo-processamento capaz de processar 15 minutos de imagens para cada metro percorrido. Além de usar uma tecnologia precursora daquela usada nos dias de hoje, permitiu ao Stanford Cart navegar vagarosamente em volta de obstáculos sem o *input* humano (EARNEST, 2012).

Foi a partir dos anos 1980 que as diversas tecnologias baseadas na percepção do ambiente (visão) foram testadas e aprimoradas. Testes realizados pela Universidade Bundeswehr de Munique, permitiram a um veículo adaptado orientar e acelerar-se a uma velocidade de 63km/h em uma estrada sem tráfego algum (DICKMANNS, 2007). Nesta mesma década pesquisadores da Universidade de Carnegie Mellon projetaram o ALVINN (Autonomous Land Vehicle in a Neural Network), um sistema capaz de guiar um veículo através da combinação das imagens capturadas por uma câmera e um sensor a laser (POMERLEAU, 1989). Tecnologia esta que é a base dos veículos autônomos contemporâneos.

As tecnologias desenvolvidas na década de 1990, foram aprimoradas, o que permitiu a Carnegie Mellon University, GM e outras empresas demonstrar o funcionamento de 20 veículos automatizados (número que incluía carros, ônibus e caminhões) em uma rodovia em San Diego, Califórnia no ano de 1997 (THORPE, et al., 1998). Outra grande conquista na procura por desenvolver um sistema capaz de substituir o motorista por completo foi o RALPH (Rapidly Adapting Lateral Position Handler), desenvolvido pelo cientista Dean Pomerleau e o doutorando Todd Jochem do Instituto de Robótica da Carnegie Mellon University (PORT, 1995). Com o teste batizado de "*No Hands Across America*", cientistas realizaram uma viagem de 3000 milhas onde 98% do caminho não houve nenhuma intervenção humana da direção do veículo (POMERLEAU e JOCHEM, 1995). No mesmo contexto, um projeto europeu batizado de ARGO das universidades italianas de Parma e de Pavia conseguiu a proeza de viajar 2000 km em 6 dias onde 94% do caminho o veículo não recebeu intervenção de um motorista humano no ano de 1998 (BROGGI et al, 1999).

Em 2003 a DARPA criou uma competição chamada "*The Grand Challenge*" para estimular o desenvolvimento de tecnologias para veículos terrestres sem motorista. A primeira competição aconteceu em março de 2004 onde 15 times competiram e nenhum foi capaz de percorrer mais do que 5% do percurso. Quando o desafio foi repetido em outubro de 2005, 23 equipes competiram e 5 deles completaram o percurso sendo o projeto "Stanley" da Universidade de Stanford o vencedor (THRUN et al, 2006). Em novembro de 2007 o desafio da DARPA foi alterado para um contexto urbano ao invés do deserto de Mojave, onde 50 projetos competiram e tiveram que lidar com as complexidades do trânsito. Nesta edição, o projeto da Universidade de Carnegie Mellon atingiu o melhor desempenho (SPICE e WATZMAN, 2007). Com o sucesso de projetos universitários nas competições da DARPA a Google deu início ao seu projeto X em 2009, projeto esse que viria a ser divulgado anos depois como o projeto de seu carro autônomo (DUDLEY, 2015).

Em 2013 a empresa Induct Technologies lança o Navia, o primeiro carro autônomo (nível 4) e elétrico vendido e escala comercial. O veículo foi projetado com capacidade para

navegar em grandes centros urbanos com alto fluxo de pedestres, grandes plantas fabris, aeroportos, parques temáticos, campi universitários e complexos hospitalares por conta própria (CAULA, 2013). O Navia é uma mistura de um carro de golfe com um mini ônibus capaz de atingir 30 km/h e transportar oito passageiros. 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 – *smartphone* e *tablets* – permite a instrução de uma rota específica ou ser ativado quando chamado (MAISTO, 2014).

Em 2012, a Google estende o seu sistema de automatização veicular para veículos híbridos, como o Lexus RX450h e o Toyota Prius a fim de testá-los nas vias urbanas após a votação de normas rodoviárias para veículos autônomos na Califórnia (LAVRINC, 2012). Dois anos depois a empresa anunciava o desejo de construir 100 unidades de seu próprio modelo de carro autônomo nível 4 (URMSON, 2014). Segundo o The Guardian (2016) a frota de veículos autônomos de testes da Google dirigiu por 400 mil milhas entre setembro e novembro de 2014 nas ruas do entorno do Vale do Silício. O primeiro acidente envolvendo seu protótipo ocorreu em 14 de fevereiro de 2016. A frota dirigiu mais 100 mil milhas desde o ocorrido sem a constatação de nenhum outro acidente. Apesar do protótipo da Google possuir o maior índice de acidentes por milha rodada, todos os acidentes anteriores foram causados por erros humanos (DAVIES, 2016).

A fabricante de veículos elétricos Tesla disponibilizou uma atualização do *software* do seu sedan de luxo Model S que habilita o modo piloto automático, onde o veículo é capaz de manter a distância segura entre os demais veículos na estrada, manter a velocidade e respeitar as faixas da via (NELSON, 2015). A versão 7.1 do *software* da Tesla permitiram a melhora no modo piloto automático, com a capacidade do veículo de entrada e a saída da garagem de forma autônoma (ZHANG, 2016). Apesar de a empresa afirmar que esta nova função categoriza seu veículo como nível 2, especialistas acreditam que ela faz com que o Model S se encaixe no nível 3 de automatização veicular em vigor pela NHTSA (GOLSON, 2016).

Outra empresa que vem mostrado avanço em sistemas autônomos veiculares é a Delphi Automotive, seu sistema instalado em um Audi SQ5 foi capaz de viajar da costa oeste à costa leste dos Estados Unidos sem a intervenção humana em 99% do caminho. A empresa não visa lançar seu próprio carro autônomo, mas pretende ser fornecedora do sistema autônomo para outras montadoras (ISIDORE, 2015). A Audi se orgulhou em ter testado em circuito fechado o carro autônomo mais rápido do mundo: um RS7 de 560hp. A tecnologia usada neste RS7 é chamada de "*piloted driving*" e demonstra a ambição da marca no desenvolvimento deste tipo de tecnologia (ZIEGLER, 2013).

Por fim, outra empresa que tem se mostrado forte no desenvolvimento de tecnologias autônomas veiculares é a Volvo. A empresa sueca pretende testar seu sistema, batizado "*Drive Me*", com cem pessoas em Gothenburg – Suécia – em 2017 (ZIEGLER, 2015). Ainda segundo ZIENGLER (2015), a Volvo continua envolvida no projeto SARTRE, que desenvolve sistemas onde veículos em uma estrada entrem em sintonia com outro veículo-líder seguindo-o como uma grande caravana. A companhia firmou acordo em 2010 com o governo chinês para o teste urbano de 100 unidades do modelo XC90 totalmente autônomo - nível 4 na escala NHTSA (KOROSEC, 2016). A Volvo já conta com o "*IntelliSafe Auto Pilot*", sistema de piloto automático presente em 100 modelos da marca e disponível para os usuários desde 2015.

Diversas empresas como a Apple, Mercedes-Benz, General Motors, Ford, etc., possuem sistemas autônomos ou semiautônomos, em desenvolvimento. No entanto, o que se tem visto em testes nas estradas, na sua grande maioria, são veículos da Delphi, Google e Tesla.

3.2 Categorização dos carros autônomos

Atualmente a legislação estadunidense classifica em cinco níveis os graus de automatização veicular, segundo o NHTSA (2013) a classificação ocorre da seguinte maneira:

- Sem automatização (Nível 0): O motorista está no completo e solitário comando dos controles primários do veículo - freios, direção, acelerador e força motriz – a todo momento;
- Automatização de função específica (Nível 1): A automatização neste nível envolve uma ou mais funções de controle específicas, mas cada função opera independentemente. O motorista ainda mantém o controle sobre tudo;
- Automatização de função combinada (Nível 2): Este nível envolve a automatização do controle de pelo menos duas funções primárias que trabalhem juntas para aliviar o motorista do controle daquelas funções. Um exemplo de funções combinadas seria o sistema de cruzeiro em combinação com o alinhamento do veículo na faixa da via;
- Automatização limitada de veículo autônomo (Nível 3): Veículos neste nível permitem ao motorista ceder o total controle de todas as funções críticas de segurança sob certas condições ambientais e de tráfico, e nestas condições a depender fortemente do veículo para monitorar condições que requerem a transição do controle de volta ao motorista;
- Automatização completa de veículo autônomo (Nível 4): O veículo é projetado para coordenar todas as funções críticas de segurança e monitorar as condições da estrada durante toda a jornada. Tal concepção prevê que o condutor irá fornecer destino ou entrada de navegação, mas não deverá ser requisitado para o controle em qualquer momento durante a viagem.

Segundo Pillath (2016, p.4-5), além da legislação estadunidense e a internacional (base para a formulação da NHTSA), há uma classificação criada pelo The European Road Transport Research Advisory Council onde o veículo autônomo poderá ser enquadrado no modo alternativo em seis categorias:

- Controle de distância de estacionamento (Nível 0): Sistema presente em um veículo que auxilia o motorista a manobrar o veículo dentro de espaços reduzidos, comunicando a distância entre o carro e obstáculos por meio de sinais acústicos e/ou ópticos;
- Assistente de estacionamento (Nível 1): O sistema instalado no veículo orienta automaticamente o carro dentro dos espaços destinados ao estacionamento. Este sistema ajuda o motorista realizando todo o procedimento de direção, cabe ao motorista operar somente o acelerador e o freio;
- Assistente de engarrafamento (Nível 2): Veículos com função que controla o veículo longitudinalmente para seguir o fluxo do tráfego em baixas velocidades;
- Chofer de engarrafamento (Nível 3): Veículos possuidores de direção automatizada condicional até 60km/h onde o sistema pode ser acionado em um

cenário de engarrafamento, controlando o veículo tanto longitudinalmente quanto lateralmente;

- Piloto de estrada (Nível 4): Carros com condução automatizadas em velocidades não superiores a 130 km/h nas autoestradas, este sistema funcionaria desde a entrada do veículo até a saída deste na rodovia, nas ultrapassagens e mudanças de faixa. O motorista deve deliberadamente ativá-lo e poderá recuperar o controle a qualquer momento;
- Automatização completa do veículo (Nível 5): Veículos totalmente capazes de lidar com a condução do ponto A ao ponto B, sem qualquer *input* do passageiro/ motorista;

Apesar da definição alternativa oferecida pelo The European Road Transport Advisory Council se basear em uma visão contemporânea de veículos comerciais, este trabalho tratou de abordar os veículos autônomos de acordo com o último grau de automatização proposto pela NHTSA. Medida esta que permite a este trabalho dialogar com as demais publicações sobre o assunto, visto que estas mostraram a preferência pelo padrão estadunidense.

3.3 Carro autônomos e seus paradigmas

Os benefícios trazidos por sistemas automotivos autônomos são elucidados com frequência, seja a redução dos acidentes automobilísticos seja a redução do consumo de combustíveis. Mas a inserção deste novo modelo de mobilidade 4.0 traz consigo novos paradigmas e problemas que envolvem a adaptação entre conceitos antigo e novo.

Mesmo que um veículo autônomo (Nível 4) possua os melhores sensores e *softwares* mais avançados, é difícil saber quais medidas ele irá tomar quanto à arbitrariedade do ambiente que o cerca. O surgimento de um pedestre, um animal selvagem ou um ciclista na trajetória do veículo demandará quais ações responsivas? Como esta máquina "saberá" distinguir este cenário específico de um cenário comum? (FAGNANT e KOCKELMAN, 2013). Sistemas automotivos autônomos ainda trazem certa descrença, muitos usuários ainda apreciam a ação de dirigir e existe um medo inerente em ceder o controle de uma ação potencialmente perigosa a um computador (EXCELL, 2013). A tecnologia necessária para a criação de um sistema de controle veicular autônomo existe, no entanto possui o alto custo para ser implementada em sua plenitude e as várias condições ambientais demandam diferentes métodos e tecnologias de sensoriamento (ÜNSAL, 1997). Para RUSSELL e NORVING (2009, p.34), "de modo geral, a escolha de uma ação feita por um agente em dado momento qualquer irá depender totalmente da informação percebida, e não de qualquer coisa ainda não percebida". Sendo assim, é imprescindível que softwares e sensores sejam capazes de detectar com exatidão o seu entorno.

Segundo a ETSI (2010), são preocupações exclusivas do motorista: a leitura e interpretação de sinais de trânsito, as características da uma via em específico, as condições climatológicas, as condições do tráfico, o comportamento de outros veículos, os pedestres e obstáculos. Esse conjunto de variáveis deverá ser assumido pelo software do veículo, o que demonstra a complexidade do correto funcionamento de um veículo autônomo. Complexidade esta que é agravada pela situação das estradas e vias urbanas, segundo a CNT (2015, p.105-106), "51,9% das rodovias federais possui algum tipo de deficiência, sendo que 49,2% possuem problemas na sinalização". Nos EUA, estados como Illinois e Connecticut possuem 73% de suas estradas em mal estado ou medíocre (U.S. Department of Transportation, 2015).

O conceito de carros que não necessitam de motoristas para o deslocamento de seus passageiros é uma novidade também para a legislação de trânsito. Segundo Fagnant e Kockelman (2013, p.12), "atualmente somente os estados de Nevada e Califórnia possuem alguma legislação sobre o uso de veículos autônomos em suas estradas e vias". Washington e Flórida possuem leis que regulamentam somente o teste de carros autônomos. A criação de leis diferentes destes dois estados ou a demora na legislação em favor de veículos autônomos pode ir contra o planejamento dos fabricantes, e os reflexos deste problema podem ser observados nos custos e no lançamento destes veículos.

Apesar das afirmações da diminuição dos acidentes automobilísticos, a segurança e a credibilidade destes novos tipos de veículos ainda são questionadas. Pois, 24,6% das pessoas nos EUA, Reino Unido e Austrália acreditam que veículos autônomos (Nível 4) provavelmente reduzirão as colisões e 23,5% acham que este nível de automatização muito provavelmente irá reduzir a gravidade dos acidentes automobilísticos (SCHOETTLE e SIVAK, 2014, p.9). Estes são números que podem sofrer alterações depois da primeira fatalidade envolvendo o uso do modo piloto automático do Model S da montadora americana Tesla em uma rodovia do estado da Flórida, nos Estados Unidos, em 7 de maio de 2016 (YADRON e TYNAN, 2016). Contudo Elon Musk, presidente executivo da Tesla Motors, acredita que no futuro será considerado ilegal o fato de um ser humano dirigir um veículo dada a periculosidade envolvida na atividade (MACDONALD, 2015).

4. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA MOBILIDADE 4.0

Em um mundo cada vez mais complexo no tocante das tecnologias, comportamento humano, interferência antrópica no meio ambiente, entre outras, diversas empresas vêm desenvolvendo e produzindo uma nova leva de auxiliares artificiais inteligentes com o potencial para simplificar a vida pessoal e profissional dos seres humanos (NORMAN, 2010). Quando se propõem uma definição para o que é Inteligência Artificial, acaba-se por esbarrar em diversas linhas de pensamento. No entanto existem duas visões sobre a Inteligência Artificial (IA) que se complementam: a primeira é uma disciplina da engenharia preocupada na criação de máquinas inteligentes, a segunda é uma ciência empírica preocupada com o desenvolvimento computacional da inteligência humana (JORDAN e RUSSELL, 1999).

Neste trabalho optou-se por abordar as definições e parâmetros mais coerentes com o uso de uma denominada "inteligência artificial" aplicada em veículos sem motoristas. Para Russell e Norvig (2009), existem hoje quatro categorias que concentram as definições de Inteligência Artificial: *Thinking Humanly*, *Thinking Rationally*, *Acting Humanly*, *Action Rationally*. Dentro da categoria de *Thinking Humanly*, o que se entende sobre IA nos veículos autônomos é que estes possam pensar como humanos, e é necessário que suas atividades automatizadas possam englobar atividades que normalmente se associam com o pensamento humano: tomada de decisões, solução de problemas, aprender, etc. (BELLMAN, 1978).

Já na categoria *Thinking Rationally*, a IA se enquadra como um estudo de cálculos que tornam possível ao sistema perceber, raciocinar e agir de forma autônoma (WINSTON, 1992). Na categoria *Acting Humanly*, a IA se torna uma arte de criação de máquinas que realizam funções que exigem inteligência quando executadas por pessoas (KURZWEIL, 1990). E por fim, na categoria *Acting Racionally*, uma definição de IA aplicável ao estudo dos veículos autônomos é a que Inteligência Artificial estaria preocupada com

comportamentos inteligentes provindos de artefatos (NILSSON, 1998).

O avanço no campo da IA aplicada aos veículos autônomos é de grande importância, a mente humana tem a capacidade de fazer conexões entre conhecimento e ação, portanto ser capaz de reproduzir artificialmente sistemas capazes de executar estas conexões é um dos pilares para execução de atividades humanas (RUSSELL e NORVIG, 2009). Outra capacidade esperada destes sistemas, que acaba por englobar as quatro categorias anteriormente descritas, é a capacidade de imaginar possíveis cenários onde os desdobramentos das ações revelariam qual seria a melhor opção. Esse organismo, como denominado por Craik (1943, p.61), portaria um 'modelo em escala reduzida' contendo os parâmetros da realidade externa, à qual estiver inserido, e das possibilidades de ações. Dessa forma, o organismo seria capaz de experimentar uma profusão de alternativas, concluir qual seria a opção mais viável, reagir preventivamente, com competência e segurança às alternativas do cenário com base nas informações obtidas através dos eventos anteriores.

Essa lógica é importante no processo de resolução de problemas que uma IA enfrentaria em um ambiente complexo como o trânsito. Se o problema pode ser resolvido, a solução para aquela demanda específica será atingida. Caso o problema não possa ser resolvido, mais tempo de planejamento e abstração será necessário para que o sistema descubra uma solução alternativa (SACERDOTI, 1943). Os agentes racionais provindos dos avanços da IA, acabam por incorporar também o ramo da Inteligência Social, onde os sistemas são concebidos para raciocinar e agir em mundos imprevisíveis e abertos, com conhecimento limitado e incerto, em tempo real com recursos limitados (tanto cognitivos e materiais), interferindo - ou cooperativamente ou competitivamente - com outros sistemas (CASTELFRANCHI, 1998).

Estes agentes também podem ser entendidos como programas de computador que controlam totalmente a sua execução própria. O desenvolvimento de agentes como estes, bem como um cenário com diversos destes interagindo, é um dos grandes desafios da ciência da computação (MCBURNEY e PARSONS, 2009). Em uma aplicação, sobretudo na indústria automotiva, a IA será capaz de criar um agente racional, uma entidade que pode perceber e agir sobre o seu ambiente, a sua racionalidade seria constatada na medida em que as suas ações podem ser esperadas para atingir os seus objetivos, tendo em conta a informação disponível a partir de seus processos perceptivos (JORDAN e RUSSELL, 1999). Ainda mais, com as contribuições de Craik (1943) a IA seria capaz de entregar sistemas capazes de receber o seu entorno como *input* e simulá-lo para encontrar a melhor forma de interagir com ele em uma velocidade apropriada para a função de condução veicular.

Um agente tem como função primária tomar decisões, decisões estas que precisam ser guiadas pela conexão entre raciocínio lógico baseado no conhecimento adquirido (JORDAN e RUSSELL, 1999). Em consonância, Cohen (2016) afirma, por sua vez, que mediante a capacidade de aprendizagem de um dispositivo dotado de IA, este deve estar apto a responder a estímulos da maneira mais eficiente possível. A inteligência dada a esses agentes racionais também envolve a capacidade de ciência do mundo exterior e a capacidade de encontrar e utilizar as informações; inteligência esta que implica no uso de experiências passadas codificadas para guiar no processo de novas experiências (SCHANK, 1990). A flexibilidade comportamental e a racionalidade são alcançadas por um agente com base em processos-chave como resolução de problemas, planejamento, tomada de decisões e aprendizado (WEISS, 2001).

Veículos autônomos dotados de inteligência artificial deverão ser capazes de aprender, este processo de aprendizagem é classificado como uma mudança nas capacidades ou no comportamento de um organismo causada pela experiência (REISBERG, 1999). Mesmo que esta definição acaba por falhar em englobar todas as formas de aprendizagem, conforme ressalta o mesmo autor, ela é crucial para o aprimoramento das atividades exercidas pelos carros autônomos. Segundo Kaelbling (1999, p.723), "a aprendizagem desempenhará um papel cada vez mais importante na concepção e implementação de sistemas autônomos robóticos". Isso se baseia na necessidade vital de qualquer sistema inteligente que precisa lidar com ambientes em constante mudança (JORDAN e RUSSELL, 1999). Aprendizagem e inteligência estão intimamente relacionadas entre si. Um sistema considerado como inteligente é, entre outras coisas, normalmente esperado que seja capaz de aprender. Aprender sempre tem a ver com o auto aperfeiçoamento do comportamento futuro baseado na experiência passada (SEN e WEISS, 2001).

A aquisição de conhecimento envolve a identificação do conhecimento técnico relevante, registrando e obtendo-o em forma computacional para que possa ser aplicado pelo mecanismo de resolução de problemas do sistema em operação (MARCUS, 1999). A aquisição de conhecimento por parte dos agentes, seja por via exploratória do mundo ou por uma central de informações de fábrica, construirá a base dos processes automáticos cognitivos em que os comportamentos do agente são realizados rapidamente, com esforço mínimo ou com atribuição automática de atenção ao processamento do *input* (SCHNEIDER, 1999). A mudança que a computação cognitiva traz é que ela assimila com a base de dados, formula hipóteses e aprende mais quando essas hipóteses são confirmadas (PIZARRO, 2016). Por esse motivo, o agente assim como o ambiente à sua volta, precisam estar sintonizados para uma troca de informações eficiente, assim o agente poderá ponderar determinadas ações que possam impactar na execução de seus objetivos (JORDAN e RUSSELL, 1999).

Isso significa que o ambiente ou um agente que fornece *feedback* aos demais agentes atua como um "professor" no caso de uma aprendizagem supervisionada, como um "crítico" no caso de uma aprendizagem de reforço, e apenas como um "observador passivo" no caso de aprendizagem não supervisionada (SEN e WEISS, 2001). Todas estas formas de aprendizado podem ajudar a IA a se auto aprimorar. Segundo Bobrow (1991), a nova chave é a interação, já que o sistema terá de interagir com um ambiente em constante evolução, interagir com sistemas artificiais em rede com usuários humanos e, também, usuários humanos demandando ações através de outros sistemas online. Boa parte da automatização é usada para controlar o carro e mantê-lo funcionando. Algumas tecnologias interagem com o motorista, como sistemas de navegação, central de entretenimento, etc., mas isto é somente a ponta do iceberg do que é planejado para futuro (NORMAN, 2010).

4.1 A internet das coisas e sua implicação na mobilidade 4.0

Nas últimas décadas a ascensão da internet e o crescimento da computação distribuída levaram a uma mudança de paradigma na engenharia de softwares e ciência da computação (MCBURNEY e PARSONS, 2009). Até recentemente, a noção de computação vinha sendo interpretada de forma variada como cálculo numérico, como

processamento de informação ou como análise de símbolos inteligentes, mas cada vez mais é vista como cognição distribuída e interação entre entidades inteligentes (LUCK et al., 2005).

À medida que produtos conectados à internet chegam ao mercado um desafio cresce: desenvolver padrões significativos de comunicação entre estes agentes inteligentes, o que nos faz aproximar da forma natural com que seres humanos se comunicam (MCBURNEY e PARSONS, 2009). A ideia por trás da Internet das Coisas (*Intenet of Things*, ou simplesmente IoT) nasce de uma nova dimensão de conexão propiciada pela Internet – além de possibilitar a comunicação a qualquer tempo e em qualquer lugar, agora também considera a comunicação de qualquer coisa (DINIZ, 2006).

Quando trazemos à tona a discursão da amplitude da internet na vida contemporânea do início do século XXI, acabamos por encontrá-la operando em diversos objetos à nossa volta (GUBBI et al., 2013). De uma forma geral a IoT na mobilidade 4.0 traria um mundo onde objetos físicos estariam integrados em uma rede de informação onde estes se tornariam agentes ativos nos processos de negócios (WEBER e WEBER, 2010). Carros poderão conversar com outros através de redes chamadas de redes "*ad hoc*" porque se formam conforme a necessidade, permitindo que esses veículos se avisem mutuamente sobre o que está acontecendo na estrada: condições da estrada e do trânsito, obstáculos, colisões, mau tempo e, etc. (NORMAN, 2010).

Segundo Diniz (2006), o advento da IoT incluirá ao jargão do momento novas siglas, como H2T (comunicação humano-coisa) e T2T (comunicação coisa-coisa). Quando se trata de sistemas artificias, podemos usar comunicação mais informativa (NORMAN, 2010) com base na amplitude da Internet das Coisas. Para Mônico da Silva et al. (2015) a visão da IoT vem se expandindo e percebe-se a oportunidade de integração direta entre diferentes dispositivos de forma que estes pudessem tomar decisões autônomas para facilitar a vida do ser humano. Sendo assim, pode se dizer que a IoT é a primeira evolução real da Internet, um salto que levará a aplicações revolucionárias com potencial para melhorar consideravelmente a forma como as pessoas vivem, aprendem, trabalham e se divertem (EVANS, 2011).

O desejo contemporâneo por formas de uso mais inteligente do consumo de energia e da preocupação com a segurança fazem com que avanços significativos na área da Internet das Coisas ganhem o foco no desenvolvimento tecnológico (KOPETZ, 2011). A IoT irá aumentar a capacidade da Internet, integrando cada interação entre objetos, o que leva a uma rede altamente distribuída de dispositivos se comunicando com seres humanos, e outros dispositivos (XIA et al., 2012). Com o advento de conexões sem fio de baixo consumo de energia e novas formas de comunicação, objetos podem estar conectados sem a necessidade de um contato físico. Hoje isso faz com que objetos inteligentes móveis possam manter-se conectados e transitar por ambientes sem perder sua identidade (KOPETZ, 2011). A inserção de novos dispositivos com avançadas capacidades de trocar informações está tornando real a visão de uma Internet das Coisas global, onde as funções de sensoriamento e atuação se fundem perfeitamente ao ambiente e novas capacidades são possibilitadas pelo acesso a diversas fontes de informação (GUBBI et al., 2013).

Os objetos inteligentes irão interagir com ambientes inteligentes no intuito de reconhecer e identificar outros objetos e absorver informação provinda da Internet para melhor agir e se adaptar às novas funcionalidades (WEBER e WEBER, 2010). Segundo Kopetz (2011, p.314), "o grande número de objetos inteligentes que se espera preencher o nosso ambiente requer um gerenciamento de sistema autônomo sem a necessidade de interações humanas frequentes". Complementando a visão de Kopetz, embora a definição de "coisas" tenha mudado à medida que a tecnologia evoluiu, o principal objetivo é fazer um computador interagir com a informação sem o *input* humano (GUBBI et al., 2013).

Com o passar do tempo e se baseando nas potencialidades do IoT, o conceito de cidades futuristas e digitais evoluiu para o conceito de cidades inteligentes (do inglês *smart cities*), onde haveria implantação da internet no espaço urbano com informações sensíveis ao contexto, manipulando um gigantesco volume de dados (*Big Data*), comunicação autônoma em nuvem entre diversos objetos inteligentes (LEMOS, 2013). Dentro do conceito das cidades inteligentes, as autoestradas funcionariam como um sistema de Tomada de Decisões Colaborativas (CDM em inglês). Este sistema tem em sua arquitetura estruturas que fornecem informações essenciais para o planejamento operacional, facilitando assim as funções tomadoras de decisões dos objetos inteligentes à sua volta (WEBER e WEBER, 2010). No paradigma da Internet das Coisas (IoT), muitos dos objetos que nos rodeiam estão na rede de uma forma ou de outra (GUBBI et al., 2013).

No contexto da mobilidade 4.0, a revolução será a interconexão entre objetos para criar um ambiente inteligente (GUBBI et al., 2013). Weiser et al. (1999, p.694) define um ambiente inteligente como sendo "um mundo físico ricamente e invisivelmente entrelaçado com sensores, atuadores, displays e elementos computacionais, incorporados perfeitamente nos objetos cotidianos de nossas vidas e conectados através de uma rede contínua". Segundo Lemos (2013, p.48), "inteligente neste contexto é sinônimo de uma cidade na qual tudo é sensível ao ambiente e produz, consome e distribui um grande número de informações em tempo real".

Quando se trata da concepção de cidades inteligentes o foco são projetos que visam tornar desde a economia, a mobilidade urbana e o meio ambiente mais inteligentes. A cidade passa a ser um organismo informacional que reage e atualiza todos sobre suas condições a qualquer hora (LEMOS, 2013). Quando a cidade se tornar um organismo informacional e quando os carros começarem a se comunicar entre eles, a segurança vai aumentar ainda mais (NORMAN, 2010).

Nestes ambientes inteligentes, a informação gerada será compartilhada entre diversas plataformas e aplicações (GUBBI et al., 2013). Segundo Lemos (2013, p.48) "as cidades inteligentes podem ajudar tanto o poder público a reconhecer problemas em tempo real, quanto o cidadão a produzir informações, auxiliando a mapear, discutir e enfrentar essas dificuldades". Estruturas CDM são importantes em um contexto onde a troca de informações é essencial para a operação de uma cadeia de agentes, minimizando riscos e recursos (WEBER, 2010).

Quando se transporta esta rede conectada para a mobilidade 4.0, a percepção heterogênea do ambiente urbano precisa atender simultaneamente às demandas de múltiplas modalidades de detecção e interação (GUBBI et al., 2013). Segundo MATOS (2016), quando inserimos a indústria automobilística neste cenário, a tendência é que cada vez mais veículos estejam conectados e sejam capazes de se comunicar com o usuário através de aplicativos em seu *smart divice*. Veículos poderão avisar outros carros sobre condições da pista e engarrafamentos (WEBER e WEBER, 2010). O objetivo final é ter objetos inteligentes *Plug n' Play* que

possam ser implantados em qualquer ambiente, permitindo que eles se misturem com outros objetos inteligentes em torno deles (GUBBI et al.,2013).

Veículos e demais objetos inteligentes poderão possuir recursos capazes de detectar o seu entorno, viabilizar a troca de informação, acessar serviços online e interagir com pessoas. Uma nova gama e de possibilidades e aplicações surgem a partir deste novo cenário (SANTOS et al., 2016). Neste contexto é fácil imaginar um cartaz ou loja se comunicando com o sistema de navegação de um veículo para verificar o destino do carro e talvez sugerir um restaurante, hotel ou shopping center (NORMAN, 2010).

Outra ferramenta para o sucesso da IoT são os serviços de armazenamento em Nuvem. A computação em Nuvem é um conceito importante para objetos inteligentes, pois permite aos objetos obterem softwares, armazenamento de dados e download de mapas a qualquer momento e lugar (WEBER e WEBER, 2010). As ofertas de computação em nuvem podem permitir o fornecimento de serviços de ponta a outra dentro da cadeia produtiva para que empresas e usuários acessem aplicativos sob demanda de qualquer lugar (GUBBI et al., 2013). Melhorias em estruturas capazes de garantir o funcionamento da Computação em Nuvem permitirão a execução de rotinas inteiras via internet, permitindo uma flexibilização das ações dos objetos inteligentes (WEBER e WEBER, 2010).

Com a crescente presença de conexões sem fio e acesso à Internet, um cenário evoluído de comunicação onipresente se tornou evidente, no entanto é necessário que essa conexão supere o padrão de computação móvel vigente (padrão usado para smartphones) e evolua para conectar objetos cotidianos existentes e incorporar inteligência em nosso ambiente (GUBBI et al., 2013). Existe a visão onde a predominância da IoT será tamanha que muita das coisas que nos rodeiam terão adquirido inteligência e obterão informação de diversas fontes. A economia mundial e os sistemas de apoio operarão de forma mais suave e eficiente, mas a vida do cidadão médio também será afetada pela mudança da relação de poder entre aqueles que têm acesso à informação adquirida e podem controlar as informações e as que não (KOPETZ, 2011). A internet vem passando por uma evolução onde objetos interconectados em rede não só colhem informações do ambiente, mas também interagem com o mundo físico. Essa evolução permite também aos objetos usar os padrões existentes da internet para fornecer serviços de transferência de informações, análise, aplicações e comunicações (GUBBI et al., 2013).

5. DESIGN DE INTERAÇÃO E FATORES HUMANOS NA CONDUÇÃO VEICULAR

Quando se propõe a pesquisar e definir o design de interação, é necessário que se entenda os conceitos de ergonomia. Segundo Iida (2005), é o estudo da adaptação do trabalho ao ser humano, trabalho este que possui um sentido amplo e pode abranger toda situação em que ocorre o relacionamento entre o ser humano e uma determinada atividade. Trazendo uma abordagem mais contemporânea, temos a visão estruturada pela ABERGO (2000, s/p) que define ergonomia como sendo "o estudo das interações das pessoas com a tecnologia, a organização e o ambiente, objetivando intervenções e projetos que visem melhorar, de forma integrada e não-dissociada, a segurança, o conforto, o bem-estar e a eficácia das atividades humanas".

Ainda sobre a ótica da interação, uma área da ergonomia se destaca sob as demais: Interação Humano-Computador (IHC), que segundo Ellwanger (2013, p.799), "serve de referência para o processo de desenvolvimento de interfaces trazendo para centro da discursão a participação e colaboração do usuário para a criação de sistemas computacionais interativos". Com a evolução constante da tecnologia, a forma que os seres humanos interagem com diferentes dispositivos computacionais muda na mesma proporção (ELLWANGER, 2013). Enquanto a IHC mostra-se uma referência, o design de interação pode ser definido como a projetação de produtos interativos que servem de apoio para a maneira como as pessoas comunicam-se e interagem-se em seu ambiente de trabalho (ROGERS, 2013). Em complementação, Ellwanger (2013, p.801) ressalta que "o design de interação concentra-se no entendimento de experiências humanas holísticas a partir do uso de sistemas e todas as formas de interação, sejam elas físicas ou tecnológicas".

Sendo assim é importante ter como base que, tratando-se da interação humano-computador, o usuário e a máquina são por demais ressaltados e esquece-se do contexto, do ambiente em que estes estão inseridos (JU e LEIFER, 2008). Por este motivo, a interação natural também é fator essencial neste trabalho, pois se faz necessário analisar o poder de comunicação implícita de um sistema por meio de vibrações, sons e/ou luzes; que possam servir como pista informativa sobre o estado das coisas (NORMAN, 2010).

O design de interação é chave fundamental para alcançar um novo nível de satisfação na relação humano-máquina, já que um sistema que simule objetos físicos ou personagens (e também ser capaz de perceber ações e intenções humanas) fará com que as pessoas interajam com este sistema se apropriando de estratégias que elas usam no seu dia-a-dia (VALLI, 2004).

5.1 Fatores humanos na condução veicular

Uma importante consideração quando se trata do estudo da ergonomia e do design de interação envolve o ser humano como um componente do sistema. Assim, se faz necessário que sejam levantadas as características, as capacidades e as limitações do usuário/motorista (BHISE, 2011, p.4). Segundo o mesmo autor, as características das capacidades humanas podem ser brevemente elencadas como:

a. Características antropométricas: que envolvem as dimensões do corpo humano e seus membros;
b. Características biomecânicas: relacionadas à habilidade de produzir força e os movimentos do corpo;
c. Capacidade de processar informações: relativa à capacidade cognitiva de adquirir e interpretar informações através dos sensores naturais (visão, audição, tato, etc.), fazer uso de informações salvas na memória, processar informações para tomar decisões.

O aprofundamento da pesquisa nos conceitos de interação e no entendimento dos fatores humanos na direção veicular elucidará a busca para a resolução do problema proposto. A interação do ser humano com o veículo depende intrinsicamente das informações captadas pelos sentidos. Malfetti e Winter (2014, apud YANG E COUGHLIN, 1986) mostram que pesquisas têm sugerido que entre 85% a 95% dos sinais sensoriais na direção veicular são visuais. Outra afirmativa, que reforça o uso desta literatura como referência, é a constatação de Yang e Coughlin (2014, p. 335), "que habilidades cognitivas, como atenção, memória, processamento de informações e tomadas de decisão são críticas para a direção veicular".

5.2 Elementos tecnológicos que visam substituir os sentidos humanos

Veículos autônomos vêm sendo esperados como elementos mais seguros ao trânsito do que motoristas humanos. Estes veículos não são propensos à distração e através de seus inúmeros sensores poderão estar sempre atentos em tempo real a tudo que os cerca (WOLVERTON, 2016). O ser humano é possuidor de olhos, ouvidos e outros órgãos para perceber o ambiente e mãos, pernas e fala para interagir com ele. Já um agente robótico dispõe de câmeras, infravermelho e lasers para perceber o mundo a sua volta, softwares e motores para interagir com o ambiente (RUSSELL e NORVIG, 2009). As tecnologias inseridas nos veículos sem motoristas em testes hoje são:

5.2.1 Vídeo câmeras

Tecnologias avançadas como câmeras de 360º, controle de cruzeiro adaptativo, assistente de frenagem de emergência que usam radar e câmeras para o acionamento (que o carro usará para manobras evasivas e se manter na estrada/faixa) são componentes chaves para o funcionamento adequado de um carro sem motorista (LASSA, 2012). Vídeo câmeras e sensores visuais oferecem uma ampla gama de soluções de segurança ao combinar processamento de imagem com outras múltiplas aplicações tecnológicas da informação. Usando algoritmos de visão sofisticados, a tecnologia é capaz de "interpretar" uma cena em tempo real e fornecer à central de processamento de dados uma avaliação imediata com base em sua análise (ARORA et al., 2013).

As câmeras são de longe o tipo de sensor mais barato e mais disponível para a reprodução da visão humana. As câmeras usam uma elevada quantidade de dados, tornando o processamento um trabalho computacional intenso e algoritmicamente complexo. Ao contrário de LIDARs (que serão descritos no próximo tópico) e radares, as câmeras podem ver a cor, tornando-as o melhor para interpretação de cena (SANTO, 2016). Câmeras de visão estérea usam duas fontes de vídeo, semelhante à visão humana (vide Figura 1), que permite ao carro a percepção de profundidade e pode ajudar o veículo a compreender melhor o tráfego e possíveis obstáculos (MORGAN STANLEY, 2013).



Figura 1: Vídeo Câmeras do sistema Volvo. Fonte: GEARHEADS, 2016.

5.2.2 LiDAR

A maioria dos veículos sem motoristas em testes hoje são dotados de um LiDAR (vide Figura 2), um sensor rotativo no teto que mapeia a área em três dimensões, criando um mapeamento dinâmico com um raio de 60 metros (MUHAMMAD AZMAT, 2015). O LiDAR é a pedra angular da tecnologia de condução autónoma por utilizar sensores para medir a distância dos objetos e criar mapas em 3D em tempo real em 360 graus, para que o carro saiba quando parar, começar e reagir (HUDDA et al., 2013).

O LiDAR mede a forma e o contorno das coisas do chão ao céu, ele reflete múltiplos pulsos de laser em objetos que cercam o carro e mede a distância e o tempo que cada pulso viajou (KRAMBECK, 2016). Este componente tem a capacidade de usar luz ultravioleta, luz visível ou infravermelha em uma ampla gama de alvos, incluindo objetos não metálicos como rochas, chuva, compostos químicos, aerossóis, nuvens e até moléculas únicas (RATHOD, 2013).



Figura 2: Sensor Velodyne LiDAR. Fonte: Martyn Williams, 2016.

5.2.3 Estimador de posicionamento

A capacidade dos veículos de se localizarem dentro do espeço macro de uma cidade e de percorrer a rota determinada pelo usuário continua se baseando em GPS (ARORA et al., 2013). Trabalhando em conjunto com o GPS há sensores que estimam o posicionamento do veículo, corrigindo o desvio padrão causado pela leitura dos satélites e dando alta precisão quanto ao posicionamento do veículo (RATHOD, 2013).

5.2.4 Sensores de distância

Veículos autônomos são equipados com sensores ultrassônicos de longo alcance (vide Figura 3) que proporcionam uma detecção de distância em 360 graus em torno do veículo (KRAMBECK, 2016). Segundo Muhammad Azmat (2015), estes sensores ajudam também a medir distância do veículo e outros obstáculos, e permite o sistema controlar a velocidade do veículo.

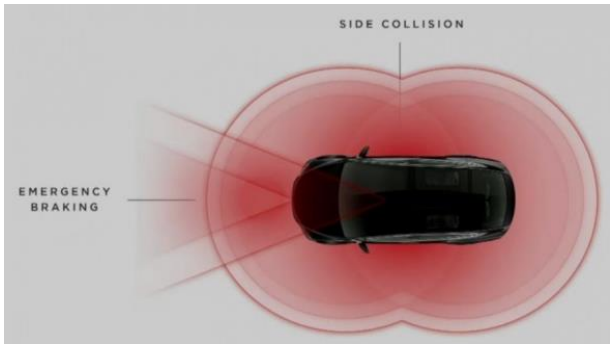


Figura 3: Sensores de distância Tesla Model X. Fonte: Blatters, 2016.

5.2.5 Radares

Radares são excelentes ferramentas para a medição de objetos em movimento (vide Figura 4). O radar é um sistema de sensor que usa ondas de rádio para determinar a velocidade, alcance e ângulo dos objetos. Radar é computacionalmente mais leve do que uma câmera e usa muito menos dados do que um LIDAR, embora menos preciso (SANTO, 2016). Radares são bons em detectar objetos que se encontram longe, mas não oferece nenhuma informação sobre a forma ou tamanho do objeto como o sistema LiDAR (SOLON, 2016).

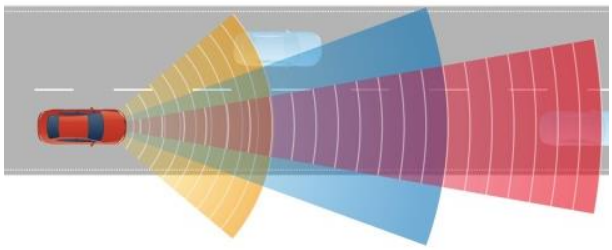


Figura 4: Radar de longa detecção. Fonte: Jamie Stevenson, 2016.

Parte das tecnologias que permitem aos veículos interagirem com o ambiente à sua volta são baseadas na visão humana. Fato este coerente com a afirmação de Yang e Coughlin no subitem anterior. Esta onisciência dada ao veículo por esses elementos tecnológicos podem ser de grande valia nos momentos críticos da condução veicular. Para Norman (2010, p.103), quando surgem problemas, é tudo muito rápido, com pouco tempo para reagir. Todos os motoristas têm níveis de atenção oscilantes – uma condição humana natural.

6. ANÁLISE E DISCUSSÃO

O automóvel é uma extensão do usuário, alguns escolhem pela potência e velocidade, outros pela segurança e funcionalidade (LOBOSCO, 2013). Mesmo que haja um distinto comportamento entre homens e mulheres ao volante, existe uma forte conexão entre a atividade de dirigir, o veículo e o ser humano (QUINN, 2007). Existe uma sensação de liberdade e poder, compartilhada por homens e mulheres ao terem uma máquina seguindo seus comandos, está é uma das bases principais da relação do ser humano com o carro (MIHAYLOV, 2012).

A automatização veicular ao longo das últimas décadas revelou que o desejo de eliminar a tarefa de dirigir das obrigações do ser humano continua em foco e, não menos, em intensos questionamentos. O cenário de carros capazes de se locomover sozinhos nos grandes centros urbanos e estradas poderá ser atingido em poucas décadas, fato comprovado pelo IEEE dos Estados Unidos da América que prevê um total de 75% de estradas destinadas a carros autônomos até a quarta década do século XXI (READ, 2012). Impedir esta revolução tecnológica será impossível. Apesar da busca quase centenária para o desenvolvimento de sistemas automotivos autônomos capazes de substituir por completo o ser humano na ação de dirigir, muitos frutos desta corrida tecnológica são empregados nos veículos atualmente comercializados (HOWLEY, 2012).

Sistemas de navegação autônoma baseados no processamento de imagem tradicional e reconhecimento de padrões com frequência funcionam bem em certas condições, mas eles apresentam limitações em situações onde há necessidade de lidar com várias situações relacionadas à direção (POMERLEAU, 1989). Como via de exemplo, máquinas que operam em ambientes industriais lidam com pessoas extremamente bem treinadas e tarefas muito bem planejadas, máquinas inteligentes que operam fora desde ambiente lidam com pessoas relativamente destreinadas e com tarefas que podem variar de acordo com a demanda (NORMAN, 2010).

Segundo pesquisas da United States Air Force (2015), esta visão futurista da aplicação de sistemas autônomos será, no campo militar, projetada para servir como parte integrante de um time colaborativo entre máquina e operador. A flexibilidade da automatização permitiria o controle de tarefas, funções e subsistemas, esta flexibilidade é necessária para o sucesso da operação em determinadas circunstâncias. Para permitir que sistemas autônomos pensem como humanos, deve-se (de alguma forma) determinar como seres humanos pensam. Para isso é necessário adentrar no funcionamento da mente humana, sendo por meio de introspecção, experimentos psicológicos e/ou pelo escaneamento de um cérebro em funcionamento (RUSSELL e NORVIG, 2009). A partir disto, inserir o processo mental humano de uma forma que um computador possa reproduzi-lo com exatidão e de maneira randomicamente intencional.

De acordo com Norman (2010, p.38), “muito se sabe sobre o design de sistemas automatizados. Um pouco menos é conhecido a respeito da interação entre pessoas e esses sistemas”. Por este motivo, se questiona a completa entrega das funções de dirigir a sistemas automotivos autônomos. Uma possível solução seria uma espécie de autonomia veicular flexível, uma nova abordagem para uma futura interação humano-máquina autônoma. Como nenhum sistema autônomo funcionará perfeitamente em todas as situações, qualquer função pode precisar ser aumentada ou executada pelo condutor em momentos diferentes (UNITED STATES AIR FORCE, 2015). As complexas tarefas realizadas por agentes (artificiais) racionais envolvem sofisticadas técnicas, por este motivo é alta a tendência de problemas em um ambiente compartilhado entre diversos agentes (SHOHAM e TENNNENHOLTZ, 1995).

Não é surpresa quando entrevistas revelam que motoristas estão abertos às tecnologias de condução autônoma, desde que o veículo ofereça alguma forma do condutor de intervir nas ações e escolhas do carro (INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2015). Espera-se a possibilidade de desenvolvimento de uma tecnologia que realmente minimize a monotonia e a periculosidade, sem introduzir enormes efeitos colaterais negativos à condução veicular (NORMAN, 2010). O desenvolvimento de técnicas sofisticadas para contornar as adversidades de um ambiente complexo acaba por exigir avanços tecnológicos ainda pouco acessíveis na indústria contemporânea. A complexidade do ambiente anteriormente mencionada é detalhada por CARDOSO (2012, p.13) como “um sistema composto de muitos elementos, camadas e estruturas, cujas inter-relações condicionam e redefinem continuamente o funcionamento do todo”.

No que se refere à capacidade dos veículos autônomos de agir racionalmente, o sistema precisa ser capaz de perceber o ambiente à sua volta, adaptar-se à mudanças, criar e trabalhar para atingir objetivos. Como um agente racional, tal sistema seria aquele que atua para alcançar o melhor resultado ou alcançar o melhor resultado possível em uma situação incerta (RUSSELL e NORVIG, 2009). A sociedade é possuidora de diversos códigos sociais das quais o trânsito é regido, os programadores destes sistemas autônomos devem tê-las em mente no momento da criação dos padrões de raciocínio de suas máquinas, por outro lado o cumprimento restrito destas leis refletira nas ações dos outros agentes dentro do ambiente por eles compartilhado (SHOHAM e TENNENHOLTZ, 1995).

Quando se trata da mente humana a sua capacidade de conectar conhecimento e ação mostra como esta questão é importante para o desenvolvimento de inteligências artificiais, afinal inteligência necessita tanto de ações como de raciocínio (RUSSELL e NORVIG, 2009). Dentro deste desafio, a criação de uma central capaz de julgar situações ainda parece uma conquista distante, como ressalta Teixeira (2011, p.36), seria perfeitamente possível a construção de autômatos capazes de realizar tarefas e ações com exatidão e

eficiência, ainda que desprovidos de consciência. Para tal, esses organismos seriam providos de um relevante número de programas e tipos de tarefas pré-estabelecidas (tarefas essas normalmente executadas por seres humanos). Entretanto, "o autômato nunca saberia o que está fazendo, ele seria, no máximo, um zumbi bem construído".

No que se refere à capacidade dos veículos autônomos de pensar de forma racional, existem dois grandes obstáculos: primeiro, não é tarefa fácil colocar um conhecimento informal ou com muitas variáveis dentro de uma estrutura que trabalha sob um modelo lógico de raciocínio. Segundo, a resolução de problemas com poucas centenas de possibilidades podem exaurir os recursos computacionais disponíveis (RUSSELL e NORVIG, 2009). Nesta questão a United States Air Force (2015) acredita que a autonomia será usada para reduzir o processamento e integração de dados manuais, fornecer velocidade na realização de ações dentro das capacidades de seu software e hardware.

Os condutores destes sistemas autônomos serão ainda necessários para fornecer a orientação e o controle de comando associados à direção dos objetivos, a sua capacidade de interceptar conhecimento fora dos limites de seu projeto ou consciência contextual, para lidar com situações novas e para coordenação com atividades. Sendo assim, para Norman (2010, p. 55), "nós precisamos de um jeito de coordenar nossas atividades, cooperando com máquinas autônomas, de modo que possamos executar tarefas juntas, suave e agradavelmente". Como é ressaltado por Teixeira (2011, p.36) quando este afirma que "a ausência de uma racionalidade universal ainda nos forçaria a postular a existência de um hiato intransponível entre autômatos e seres humanos."

Seres humanos precisam ser capazes de gerar sentenças compreensivas na linguagem natural provinda de uma sociedade complexa. Estes precisam aprender não somente por erudição, mas também porque isso melhora nossa habilidade de gerar comportamento eficaz (RUSSELL e NORVING, 2009). O mesmo se aplicaria aos veículos sem motorista: mesmo que tenhamos a capacidade construir máquinas com altíssima capacidade de processamento, não encontramos nenhuma que atenda aos pré-requisitos que a classifique como inteligente de fato (COHEN, 2016). O que se tem como princípio fundamental é a identificação da inteligência com o funcionamento de um dispositivo manipulador de símbolos regido por determinadas regras (WINOGRAD, 1990). Fundamento básico este onde o processo de pensar nada mais é que manipular símbolos, a ciência da mente envolve as relações que coordenam essa manipulação.

Softwares estipulam relações entre símbolos, mas não seriam capazes de manipulá-los (TEIXERA, 2011). Ainda sobre a complexidade da linguagem simbólica usada por seres humanos, é preciso ressaltar a complexidade dos métodos usados para transmitir informações aos motoristas junto à urbe representa o deslocamento em uma estrutura organizada através de indícios de linguagem (CARDOSO, 2012, p.13).

Em meio a um cenário onde a automatização veicular se dará de modo gradual, ou seja, que veículos sem motoristas seriam inseridos nas vias aos poucos e tendo que lidar com toda uma plataforma projetada para seres humanos, a representação simbólica completa e sistemática é crucial para o paradigma desta implementação. "As regras seguidas pela máquina podem lidar apenas com os símbolos, não com a sua interpretação" (WINOGRAD, 1990, p. 173). E esta falta de interpretação dos símbolos acaba por refletir no aprendizado da própria IA, podendo interferir na construção de sua base de experiências e consequentemente no modelo mental usado por ela na solução de novos problemas. O que para Norman (2010) se traduz em um caminho para mais confusões e incômodos caso o mesmo modo de comunicação contemporâneo seja mantido e transferido às máquinas.

Em um sistema híbrido, composto por carros sem motorista e carros com motorista, grande parte do processo de aprendizagem destes carros autônomos poderá ser comprometido caso estes se basearem na forma como seres humanos conduzem seus veículos. Em ambientes controlados, objetos inteligentes funcionam de maneira muito satisfatória, nestes ambientes as tarefas e condições são bem específicas (NORMAN, 2010). Existe uma variedade de algoritmos de aprendizagem de máquina, mas eles não se aplicam bem à aprendizagem de robôs, que são especiais por várias razões. Robôs interagem com seus ambientes através de sensores físicos, que sempre têm algum grau de ruído, algoritmos para a aprendizagem de robôs devem ser particularmente tolerantes a entradas e saídas ruidosas (KAELBLING, 1999). Ruídos estes que podem ser determinantes em ambientes como estradas, ruas e rodovias.

O carro há um bom tempo se tornou um computador dotado de rodas e sua potência computacional controla sistemas de aquecimento e ar condicionado, sistemas de entretenimento, sistemas de integração com smartphones, sistemas de navegação, etc. (NORMAN, 2010). Com isso, por ser considerado um computador, seus fundamentos de lógica fria nunca poderão ser criativos ou perspicazes, os impedindo de possuir verdadeiro julgamento. Por mais competentes que pareçam, não têm a intencionalidade genuína que está no cerne da compreensão e da racionalidade humana (WINOGRAD, 1990). Existe ainda o dilema ético/moral que carros autônomos enfrentariam em situações críticas onde deverão ter de escolher entre proteger a vida de seus ocupantes em detrimento da vida de um número qualquer de vítimas em um acidente, por exemplo. A forma como este veículo responderá a pontos como estes podem influenciar muito a aceitação pública dos carros sem motoristas (BONNEFON, et al. 2016). Para Richtel e Dougherty (2015), veículos autônomos começarão a se integrar em um ambiente onde seres humanos não se comportam 100% de acordo com as regras de trânsito. O primor pela segurança e o cumprimento das leis de trânsito criam uma deficiência no sistema autônomo do veículo e no sistema viário como um todo.

À medida que damos "inteligência" aos nossos equipamentos, estes acabam por se integrar a um ecossistema social humano-máquina, portanto, precisam de elegância social, habilidades comunicativas superiores e até emoções, mesmo que mecânicas (NORMAN, 2010). Com isso novos desafios também serão criados, incluindo novos problemas com a compreensão do sistema autônomo, a necessidade de padronização entre sistemas variados e os métodos de verificação e validação da autonomia. Além disso, será necessária a proteção destes sistemas contra os ataques cibernéticos, que devem ser cuidadosamente considerados ao longo do seu desenvolvimento (UNITED STATES AIR FORCE, 2015).

Não será possível que cada um destes sistemas automotivos autônomos seja programado por uma única pessoa, o que acarretará em uma pluralidade de padrões. Um grande desafio será criar uma forma de comunicação capaz de fazer com que diferentes máquinas sejam capazes de interagir entre si durante a execução de suas tarefas (SHOHAM e TENNENHOLTZ, 1995). Nesta linha, para que a IoT funcione e ajude a implementação dos veículos

autônomos será preciso que esta internet seja descentralizada. O controle desta por parte de uma única entidade limitará as possibilidades de avanço e contribuirá para o surgimento de eventuais falhas (WEBER e WEBER, 2010). Uma vez que estes sistemas integrados à rede estejam operando, será uma questão de "quando" e não mais "se" eventos inesperados poderão ocorrer (NORMAN, 2010). Veículos conduzidos por computadores em rede em estradas públicas abrem uma gama de possibilidades de riscos, mesmo aqueles dotados de sistemas próximos da perfeição, em certas circunstâncias uma colisão será inevitável (FAGNANT e KOCKELMAN, 2013) e o tempo de resposta e aprendizagem por meio de informação baixada da internet pode não acontecer na rapidez que se espera.

O grande problema da Internet das Coisas não está na capacidade funcional de um objeto inteligente, mas no impacto de bilhões ou mesmo trilhões de objetos inteligentes conectados ao mesmo tempo trafegando dados e trazendo novas questões técnicas e societárias (KOPETZ, 2011). Esta demanda de tantos objetos inteligentes (incluindo veículos autônomos) interagindo em rede pode refletir também em problemas de interface entre tais objetos. Se a rede não comportar o fluxo de informação desejado, todo o sistema pode ser inviabilizado (CARDOSO, 2012, p.13).

Para a implementação de uma IoT que abranja as necessidades da mobilidade 4.0 há ainda uma série de desafios, principalmente com relação ao desenvolvimento de aplicações e à alta da diversidade de tecnologias de hardware e software nos ambientes e objetos integrados pela internet (PIRES et al., 2015). Uma vez implementada, uma tecnologia sempre proporciona benefícios jamais imaginados por seus idealizadores, contudo novos problemas e dificuldades jamais percebidos surgem com ressonância da sua ação (NORMAN, 2010).

Pessoa et al. (2015) ressalta que a segurança da IoT é um fator crítico, muitas informações vitais estão sendo armazenadas e distribuídas na rede. Máquinas autônomas, governos e usuários diversos podem fazer uso destas informações a ponto de manipulá-las, comprometendo a evolução da própria rede. Neste complexo ambiente interconectado carece de mecanismos para o gerenciamento de dispositivos, desconectando dispositivos roubados ou não reconhecidos, atualizando softwares, atendendo configurações de segurança, localizando dispositivos perdidos e até mesmo possibilitando a interação entre dispositivos de esferas distintas (PIRES et al., 2015). Quando chegar o dia em que o volante estiver sob o controle do carro, este poderá levar o usuário até um restaurante e escolher a refeição antecipadamente com base nas configurações de sua data base (NORMAN, 2010).

Ainda estamos muito distantes do completo desenvolvimento de uma réplica da inteligência humana, seja ela em um computador ou em robôs (TEIXEIRA, 2011). Este desenvolvimento de uma inteligência, próxima à da possuída por seres humanos, para a execução de condução veicular é por enquanto muito complexa. A complexidade de tal sistema está ligada diretamente à dificuldade deste em prever as inter-relações entre os demais agentes dentro do ambiente (CARDOSO, 2012). E quando se considera agentes neste sentido, podemos incluir os fatores naturais que influenciam a ação de motoristas nas estradas. Mesmo que motoristas se encontrem confortáveis em ceder o controle do veículo, por mais inteligente que estes possam ser, a indústria automotiva necessitará investir em extensos estudos de como o design poderá ser usado para estabelecer uma relação confiável entre usuário e máquina (BROWNLEE, 2015).

Tornar affordances visíveis não resolverá o problema da interação com os objetos inteligentes. Carros autônomos apresentarão desafios específicos porque a comunicação entre usuário e máquina deve caminhar em uma via de duas mãos (NORMAN, 2010). Veículos autônomos possuirão diversos sistemas a gerenciar e atividades a executar, estas poderão criar demandas de feedbacks com informações excessivas, contraditórias e exigindo do usuário atenção e respostas diferenciadas. De modo geral, a inclusão de novas tecnologias nos carros tem o potencial para distrair o condutor (LITTLE, 1997). A demanda de ações a serem executadas pelo motorista/usuário, bem como os sinais percebidos sobre o estado do veículo, sofreram grandes mudanças e reduções. O objetivo do design de interação neste novo cenário seria o de estabelecer uma confiança entre usuário e máquina, explorando interfaces, affordances e novos sistemas de comunicação transparentes que relatariam quando problemas ocorrem e o porquê (BROWNLEE, 2015).

Para Gibson et al. (1999), a utilização de uma affordance implica diretamente em um outro tipo de relação recíproca entre percepção e ação. A percepção fornece a informação para que o motorista/usuário execute uma ação, e esta ação gera consequências que alimentam a percepção. Esta relação gera confiança na execução de tarefas e na utilização de qualquer produto. O princípio da confiança entre humano e máquina pode estar na transparência das decisões tomadas pelo sistema autônomo, caso contrário, quando algo de inesperado ocorrer caberá ao usuário apenas especular o porquê da tratativa escolhida pelo veículo (BROWNLEE, 2015). Nesse mesmo contexto Norman (2010, p.96) destaca que o excesso de automatização não estimularia as pessoas a atentar para o contexto de ação do produto. Um verdadeiro paradoxo, uma vez que o excesso de automatização dificultaria, por sua vez, a supervisão de um sistema que funcionaria com precisão.

Sem uma devida abordagem centrada no ser humano quando se discute veículos inteligentes corre-se o risco de perder todos os benefícios oferecidos por esta nova ferramenta da mobilidade, podendo degradar a segurança dos usuários e o desempenho do produto (LITTLE, 1997). Ao inserir diversos componentes nos veículos para torna-los cada vez mais independentes da ação humana estamos treinando seus motoristas para serem desatentos (NORMAN, 2010).

Sistemas autônomos possuem um controle limitado/parcial quando interagem com ambientes dinâmicos, caracterizáveis por uma coleção infinita de estados de valor (JORDAN e RUSSELL, 1999). Apesar de recentemente tem-se visto que aparelhos inteligentes podem interagir bem com o mundo físico ou outros equipamentos inteligentes, quando eles precisam interagir com pessoas reais, é que surgem as dificuldades (NORMAN, 2010). Ao considerarmos que o sistema viário é composto por uma mistura de proporções variadas de participantes, cabe analisar aspectos que criariam uma conexão segura entre a realidade não autônoma e um futuro autônomo. Afinal, muito antes de dar o controle total da condução veicular ao próprio carro, colocando-os na posição de pilotos, caberia aos usuários aprimorá-los através da função de copilotos (BROWNLEE, 2015). Cabe ao designer destes veículos inteligentes a função de integrar diferentes tecnologias para criar uma máquina coerente com o ambiente à sua volta e com os usuários desta máquina, sejam esses motoristas ou passageiros (LITTLE, 1997).

Muito se sabe sobre erros humanos que resultam em falhas no processo de condução veicular, mas há uma

escassez de conhecimento sobre maneiras pelas quais motoristas operam com sucesso seus veículos (BISHOP, 2005). A automatização do veículo vem assumindo cada vez mais tarefas, algumas pouco agradáveis. Apesar da importância que isso possa ter, existem situações onde a automatização não assumiu o controle, é aqui que ocorrem os maiores estresses, os maiores riscos, acidentes e mortes (NORMAN, 2010).

Em um cenário onde a automatização veicular total se mostra um caminho sem retorno, é possível induzir a confiança entre seres humanos e sistemas automotivos autônomos através do feedback, com a influência do usuário no processo de tomada de decisão do veículo, caso o modo autônomo do veículo optar por opções pouco agradáveis (BROWNLEE, 2015). A tecnologia não será a libertadora da raça humana, pois para todos os problemas que são solucionados, novos surgirão (NORMAN, 2010).

7. CONCLUSÃO

Se o carro é a materialização do sonho de mover-se sem cavalos, os veículos autônomos seriam a materialização do sonho de mover-se sem cavalos e sem cocheiro, ou pelo menos um cocheiro invisível. Seria a volta das carruagens, onde o passageiro confiaria a tarefa de tração (cavalo) aos sistemas de propulsão e a tarefa de condução (cocheiro) aos sensores e softwares do carro.

O salto tecnológico dos últimos anos possibilitou o surgimento de diversos sensores e computadores que podem trabalhar com grandes capacidades de dados em períodos de tempo muito curtos. A capacidade destes sensores ultrapassa os limites da visão humana, a computação de dados permite a muitos modelos autônomos a se manterem dentro da velocidade e manter as distâncias de segurança de outros carros e objetos. Mas nem todos os carros possuem as mesmas características e não há indícios de que haverá uma transição automática para um sistema viário composto exclusivamente de veículos sem motorista.

Veículos autônomos deverão ter de interagir em um ambiente compartilhado por outros carros conduzidos por seres humanos, elementos estes que podem se tornar imprevisíveis se considerarmos nas distrações, sonolência e atenção flutuante. Veículos conduzidos por uma Inteligência Artificial podem responder bem em um ambiente com regras e acontecimentos conhecidos, mas não estão prontas para lidar com a imprevisibilidade meteorológica, ao desrespeito das regras de trânsito por motoristas humanos e eventos inesperados como a queda de objetos de caminhões, por exemplo.

Carros que possuem sistemas complexos de gerenciamento das suas atividades acabam por ocultar do usuário diversas rotinas e procedimentos que acarretam em barreiras na avaliação do sistema como um todo pelo usuário. Estes veículos parecem estéreis quanto à *affordances*, não há ruído, vibração ou elemento natural que serve de pista para o estado de funcionamento do produto. Caberá ao usuário determinar o trajeto e delegar todas as tomadas de decisões a uma Inteligência Artificial pouco (ou nenhum pouco) transparente. Este efeito pode acaba por gerar dois notáveis problemas: Primeiro, a falta de confiança se o sistema do veículo está funcionando perfeitamente e se está tomando as decisões mais coerentes. Segundo, pode haver uma confiança cega na automatização e caso esta automatização falhar, o usuário não terá conhecimento e tempo hábil para evitar eventos críticos.

Fica evidente, dadas as informações apresentadas nos capítulos anteriores, que a automatização dos veículos não ausenta os fatores humanos nas tomadas de decisões dos carros autônomos. O ambiente em que estes carros operam é composto por inúmeras variáveis que podem exaurir seus recursos computacionais antes que se chegue a uma saída hábil para um problema repentino. A capacidade das máquinas em aprender combinando conhecimento prévio e o conhecimento observado com experiências passadas ainda parece ser um ponto ainda por se alcançar na área da Inteligência Artificial. Mesmo que esta habilidade fosse possuída pelos computadores presentes nos carros, a forma como motoristas humanos lidam com o trânsito e suas regras acabariam por ser uma fonte de conhecimento inadequada.

Ao se considerar o advento dos veículos autônomos uma solução para os elevados índices de acidentes, congestionamentos e poluição do ar; o caminho que a pesquisa permitiu realizar consiste em um cenário de controle compartilhado. Esse controle compartilhado entre motorista humano e software garantiria que os sensores auxiliassem o motorista humano a se manter na faixa e evitar colisões. As situações e tomadas de decisões do motorista humano poderia contribuir para o amadurecimento da data base do sistema autônomo, onde caberia à máquina confrontar a escolha do motorista, as condições do ambiente e o resultado da ação para construir experiências de como agir melhor e não repetir situações desastrosas.

Motoristas humanos não estão prontos para ceder o controle completo às máquinas dado à conexão centenária entre humano e carros, à falta de transparência no processo de tomada de decisão de computadores e pela (ainda) falta de consolidação deste tipo de tecnologia nas estradas. Fica claro que humanos e máquinas têm muito que se integrar, compartilhar e aprender uns com os outros antes que se aposte em uma total autonomia computacional de atividades humanas e críticas.

REFERÊNCIAS

[1]. ABERGO. Associação Brasileira de Ergonomia. Seção O que é ergonomia. Associação Brasileira de Ergonomia – ABERGO. 2000. Disponível em <http://abergo.org.br/internas.php?pg=o_que_e_ergonomia> Acesso em: 24 abr.2016.

[2]. ABDUL-HUSAIN, Yousef. Self-driving cars: Past, present and future. Geico. Seção Car Safety & Insurance. 4 dez. 2015. Disponível em: <https://www.geico.com/more/driving/auto/car-safety-insurance/self-driving-cars-past-present-and-future/>. Acessado em: 27 set. 2016.

[3]. BELLMAN, Richard. E. An introduction to artificial intelligence: Can computers think?. São Francisco: Boyd and Fraser, 1978. 146p.

[4]. BHISE, Vivek D. Ergonomics in the Automotive Design Process. New York: CRC Press, 2011.

[5]. BISHOP, Richard. Intelligent vehicle technology and trends. Norwwod: Artech House, 2005. 365p.

[6]. BLATTERS. Tesla Model X: The innovations don't stop with the powertrain. Ago. 2016. Online. Disponível em: < https://www.blatters.com/mag/tesla-model-x/560bf3650d4369b11e8b4571>. Acesso em: 21 nov. 2016.

[7]. BOBROW, Daniel G. Dimensions of interaction. AI Magazine, v. 12, n. 3, p64-80. 1991. Disponível em: <http://www.aaai.org/ojs/index.php/aimagazine/article/view/904/822>. Acessado em: 24 out. 2016.

[8]. BONNEFON, Jean-François, et al. The social dilemma of autonomous vehicles. Revista Science, v.35, n.10/1126. 24 jun. 2016. Disponível em: <https://arxiv.org/ftp/arxiv

/papers/1510/1510.03346.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2016.

[9]. BROGGI, Alberto, et al. ARGO and the MilleMiglia in automatico tour. IEEE Intelligent Systems, v.14, Ed. 1, p55-64, Jan-Feb 1999. Disponível em: < http://www.ce.unipr.it/people/broggi/publications/expert.pdf>. Acessado em: 4 out. 2016.

[10]. BROWNLEE, John. How ui/ux design will map the future of self-driving cars. Revista FastCoDesign. 27 out 2015. Disponível em: <https://www.fastcodesign.com/3052738/how-ui-ux-design-will-map-the-future-of-self-driving-cars>. Acesso em: 18 out. 2016;

[11]. 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 em: 5 jul. 2016.

[12]. CASTELFRANCHI, Cristiano. Modelling social action for AI agents. Artificial Intelligence, v. 103, ed. 1, p157-182, ago.1998. Disponível em: < http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0004370298000563>. Acessado em 24 out. 2016.

[13]. COHEN, Otávio. Dossiê I.A. Revista Super Interessante. Out. 2016. Disponível em: <http://dossieia.super.abril.com.br/?utm_source=redesabril_super&utm_medium=facebook&utm_campaign=abc_westworld&utm_content=humanoscomuns>. Acesso em 16 nov. 2016.

[14]. CRAIK, Kenneth. The nature of explanation. Londres: Cambridge University Press, 1943. 130 p.

[15]. DAVIES, Alex. Google's Self-Driving Car Caused Its First Crash. Wired. 29 fev. 2016. Disponível em: < https://www.wired.com/2016/02/googles-self-driving-car-may-caused-first-crash>. Acesso em: 1 ago. 2016.

[16]. DICKMANNS, Ernst D. Dynamic vision for perception and control of motion. Neubiberg: Springer, 2007. 474p.

[17]. DINIZ, Eduardo H. Internet das coisas. Revista GV Executivo, v.5, n.1, p59. Fev-Abr. 2006. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/gvexecutivo/issue/view/1888/showToc>. Acesso em: 4 out. 2016.

[18]. DUDLEY, David. The driverless car is (almost) here. AARP. Janeiro de 2015. Disponível em: <http://www.aarp.org/home-family/personal-technology/info-2014/google-self-driving-car.html>. Acesso em: 12 out. 2016.

[19]. DYAL, Donald H. Norman Bel Geddes: Designer of the future. Architecture Series—bibliography. vA. 1014. Monticello: Vance Bibliographies, 1983. p7.

[20]. EARNEST, Les. Stanford Cart. Computer Science Department. Stanford University. Dezembro de 2012. Disponível em: <http://www.frc.ri.cmu.edu/users/hpm/project.archive/robot.papers/1975.cart/1980.html.thesis/index.html>. Acessado em: 28 set. 2016.

[21]. ELLWANGER, Cristiane. Design de Interação, Design Experiencial e Design Thinking: A tríade que permeia o escopo de desenvolvimento de sistemas computacionais. Disponível em <http://www.tise.cl/volumen9/TISE2013/799-802.pdf>. Acesso em: 25 abr.2016.

[22]. ETSI Technical Committee Human Factors. Human Factors (HF); Intelligent Transport Systems (ITS); ICT in cars: Sophia Antipolis (FR): European Telecommunications Standards Institute; 2010. Report No.: ETSI TR 102 762 v1.1.1. Reference: DTR/HF-00117. Organização sem fins lucrativos registrada no Sub-Prefeitura de Grasse.

[23]. EVANS, Dave. A Internet das coisas: como a próxima evolução da internet está mudando tudo. Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG). Abr. 2011. Disponível em:<http://www.cisco.com/c/dam/global/pt_br/assets/executives/pdf/internet_of_things_iot_ibsg_0411final.pdf>. Acesso em: 7 nov. 2016.

[24]. EXCELL, Jon. Autos on autopilot: the evolution of the driverless car. Portal The Engineer. Seção Issues. 5 ago. 2013. Disponível em: < http://www.theengineer.co.uk/issues/august-2013-online/autos-on-autopilot-the-evolution-of-the-driverless-car/#ixzz2hJHF31Q3>. Acesso em: 1 jul. 2016.

[25]. FAGNANT, Daniel, J. e 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 jun. 2016.

[26]. FONSECA, J. J. S. Metodologia de pesquisa científica. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

[27]. GASQUES, Marcos Vinícius et. al. Carros autônomos reduzirão acidentes em 90% e emissões de poluentes em 60%. Autoesporte. Rio de Janeiro. Seção Notícias. 02 out. 2015. Disponível em: <http://revistaautoesporte.globo.com/Noticias/noticia/2015/10/carros-autonomos-reduzirao-acidentes-em-90-e-emissoes-de-poluentes-em-60.html> Acesso em: 25 mai. 2016.

[28]. GEARHEADS. Volvo drive me autonomous project is on the way and first autonomous cars are on the roads right now. Jan. 2016. Online. Disponível em: < http://gearheads.org/volvo-drive-me-autonomous-project-is-on-the-way-and-first-autonomous-cars-are-on-the-roads-right-now/>. Acesso em: 21 nov. 2016.

[29]. GEHRIG, Stefan K.; Stein, Fridtjof J. (1999). Dead reckoning and cartography using stereo vision for an autonomous car. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. Kyongju. pp. 1507–1512.

[30]. GIBSON, Eleanor J. et al. Affordances. Computational intelligence. The MIT encyclopedia of the cognitive sciences. Cambridge: The MIT Press.1999, p.137-139.

[31]. GIL, Antonio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas S.A, 2008.

[32]. GOLDENBERG, Mirian. Arte de pesquisar: Como fazer pesquisa qualitativa em ciências sociais. Rio de Janeiro: Record, 2003. 112p.

[33]. GOLSON, J. Volvo autonomous car engineer calls tesla's autopilot a 'wannabe'. The Verge. 27 abr. 2016. Disponível em: <http://www.theverge.com/2016/4/27/11518826/volvo-tesla-autopilot-autonomous-self-driving-car>. Acesso em: 6 jul. 2016.

[34]. GUBBI, Jayavardhana et al. Internet of things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. Future Generation Computer Systems, v. 29 n.7, p1654-1660. Set. 2013. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X13000241>. Acesso em: 15 out. 2016.

[35]. HOWLEY, D. J. The race to build self-driving cars.Laptop. 23 ago. 2012. Disponível em: < http://www.laptopmag.com/articles/high-tech-cars-go-mainstream-self-driving-in-car-radar-more>. Acesso em: 5 jul. 2016.

[36]. HUDDA, Ratan, et. al,. Self driving cars. Fung Institute for Engineering Leadership. Fung Technical Report, n. 2013.05.29. College of Engineering, University of

California. 29 mai. 2013. Disponível em: <http://www.funginstitute.berkeley.edu/sites/default/!les/Self_Driving_Cars.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2016.

[37]. IIDA, Itiro. Ergonomia: projeto e produção. 2. ed. rev. ampl. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

[38]. INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. Carros sem motorista: homens querem, mulheres nem tanto. Ago. 2015. Online. Disponível em: < http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=carros-sem-motorista-homens-mulheres&id=010180150818#Imprimir>. Acessado em: 31 out.2016.

[39]. ISIDORE, C. Driverless car finishes 3,400 mile cross-country trip. CNN Money. Nova Yorque, 3 abr. 2015. Disponível em: < http://money.cnn.com/2015/04/03/autos/delphi-driverless-car-cross-country-trip>. Acesso em: 6 jul. 2016.

[40]. JORDAN, Michael I. e RUSSELL, Stuart. Computational intelligence. The MIT encyclopedia of the cognitive sciences. Cambridge: The MIT Press.1999, p.74-91.

[41]. JU, Wendy e LEIFE, Larry. The Design of Implicit Interactions: Making interactive objects less obnoxious. Design Issues. Massachusetts. v.24, n.3, summer 2008. Disponível em <http://wendyju.com/publications/Ju_design_issues.pdf> Acesso em: 1 mai. 2016.

[42]. KAELBLING, Leslie P. Robotics and learning. Computational intelligence. The MIT encyclopedia of the cognitive sciences. Cambridge: The MIT Press.1999, p.723-724.

[43]. KARWOWSKI, Waldemar. Ergonomics and human factors: the paradigms for science, engineering, design, technology, and management of human-compatible systems, v.48, n.5, p. 436-463, 2005.

[44]. KOPETZ, Hermann. Real-time systems: design principles for distributed embedded applications. Segunda edição. Wien: Springer, 2011. 368p.

[45]. KOROSEC, K. Volvo expands its self-driving car experiment to china. Fortune. 6 abr. 2016. Disponível em: <http://fortune.com/2016/04/06/volvo-self-driving-china>. Acesso em: 6 jul. 2016.

[46]. KRAMBECK, Donald. Tesla vs google: do LIDAR sensors belong in autonomous vehicles?. Revista All About Circuits. Seção News. Disponível: <http://www.allaboutcircuits.com/news/tesla-vs-google-do-lidar-sensors-belong-in-autonomous-vehicles/>. Acesso em: 20 nov. 2016.

[47]. KURZWEIL, R. The age of intelligent machines. Cambridge: MIT Press, 1990. 580p.

[48]. LAFRANCE, Adrienne. Your grandmother's driverless car: The driverless vehicles of the 1920s were called "phantom autos," and they were remote-controlled by the tapping of a telegraph key. The Atlantic. Seção Technology. 29 jun. 2016. Disponível em:< http://www.theatlantic.com/technology/archive/2016/06/beep-beep/489029/>. Acessados em: 27 set. 2016.

[49]. LASSA, Todd. The beginning of the end of driving: The autonomous car continues to progress. Motortrend. Seção News. 27 nov. 2012. Disponível em: <http://www.motortrend.com/news/the-beginning-of-the-end-of-driving>. Acessado em: 12 jun. 2016.

[50]. 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 em: 4 jul. 2016.

[51]. LEMOS, André. Cidades inteligentes. Revista GV Executivo, v. 12, n.2, p46-49. Jul-Dez. 2013. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/gvexecutivo/article/view/20720/19454>. Acesso em: 7 nov. 2016.

[52]. LITTLE, Cheryl. The intelligent vehicle initiative: advancing "human-centered" smart vehicles. Federal Highway Administration Research and Technology, Revista Public Roads, v. 61, n. 2, Set-Out. 1997. Disponível em: <http://ntl.bts.gov/lib/jpodocs/periodic/3543.htm>. Acesso em: 18 nov. 2016.

[53]. LOBOSCO, Ricardo L. Sobre homens e carros. Observatório Nacional de Segurança Viária. Set. 2013. Disponível em: < http://www.onsv.org.br/artigos/sobre-homens-e-carros/>. Acessado em: 31 out. 2016.

[54]. LUCK, M et al. Agent technology: Computing as interaction. A roadmap for agent based computing. AgentLink III, Set. 2005. Disponível em: <http://www.agentlink.org/roadmap/al3rm.pdf>. Acessado em 31 out. 2016.

[55]. MACDONALD, Fiona. Elon Musk believes it'll be illegal for humans to drive in the future. Science Alert. 26 mar. 2015. Disponível em: <http://www.sciencealert.com/elon-musk-believes-it-ll-be-illegal-for-humans-to-drive-in-the-future>. Acessado em: 27 set. 2016.

[56]. 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 em: 5 jul. 2016.

[57]. MARCUS, Sandra L. Knowledge acquisition. The MIT encyclopedia of the cognitive sciences. Cambridge: The MIT Press.1999, p.428-430.

[58]. MATOS, Lúcio. IA entra com o papel de assumir cada vez mais ações humanas, e essas ações serão aplicadas em dispositivos através da IoT. Revista Computerworld. Nov. 2016. Disponível em: <http://computerworld.com.br/momento-da-intersecao-entre-inteligencia-artificial-e-internet-das-coisas>. Acesso: 6 nov. 2016.

[59]. MCBURNEY, Peter e PARSONS, Simon. Dialogue games for agent argumentation. Argumentation in artificial intelligence. Editado por Iyad Rahwan e Guillermo R. Simari. University of Edinburgh. Edinburgh: Springer, 2009. 266-285p.

[60]. MIHAYLOV, Mike. Men love for cars – desire to control or real emotions?. Montwar Auto Transport. Mar. 2012. Disponível em: <https://www.montway.com/blog/men-love-for-cars-desire-to-control-or-real-emotions>. Acessado em: 31 out. 2016.

[61]. MÔNICO DA SILVA, Alan, et al. Criatividade e inovação: internet das coisas (iot – internet of things). Revista Expressão, n.09, 2015. Disponível em: <http://www4.faculdadepromove.br/expressao/index.php/files/article/view/59>. Acesso em: 6 nov. 2016.

[62]. MORGAN STANLEY. Autonomous cars: Self-Driving the New Auto Industry Paradigm. Publicado em 6 nov. 2013. Disponível em: <http://orfe.princeton.edu/~alaink/SmartDrivingCars/PDFs/Nov2013MORGAN-STANLEY-BLUE-PAPER-AUTONOMOUS-CARS%EF%BC%9A-SELF-DRIVING-THE-NEW-AUTO-INDUSTRY-PARADIGM.pdf>. Acessado em: 17 set. 2016.

[63]. MUHAMMAD AZMAT, Ju. Future Scenario: Self driving cars - the future has already begun. Conference: iinovationsfördernder öffentlicher Beschaffung – 4.0

Platform innovation to e-mobility, v. 1, Viena, maio de 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/278329250_Future_Scenario_Self_Driving_Cars_-_The_future_has_already_begun>. Acesso em: 15 jun. 2016.

[64]. NELSON, G. Tesla beams down 'autopilot' mode to Model S. Automotive News. 14 out. 2015. Disponível em: <http://www.autonews.com/article/20151014/OEM06/151019938/tesla-beams-down-autopilot-mode-to-model-s>. Acesso em: 6 jul. 2016.

[65]. NHTSA. U.S. Department of Transportation Releases Policy on Automated Vehicle Development. Provides guidance to states permitting testing of emerging vehicle technology. Washington – DC. 2013. Disponível em: <http://www.nhtsa.gov/About+NHTSA/Press+Releases/U.S.+Department+of+Transportation+Releases+Policy+on+Automated+Vehicle+Development>. Acesso em 15 jun. 2016.

[66]. NILSSON, Nils. J. Artificial intelligence: a new synthesis. Primeira edição. São Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 1998. 513p.

[67]. NORMAN, Donald A. O design do futuro. Tradução Talita Rodrigues. Rio de Janeiro: Rocco, 2010. 272p.

[68]. ONU. Acidentes no trânsito ainda matam 1,25 milhão por ano, 90% em países de renda média e baixa. 16 nov. 2015. Disponível em: < https://nacoesunidas.org/onu-acidentes-no-transito-ainda-matam-125-milhao-por-ano-90-em-paises-de-renda-media-e-baixa/>. Acesso em: 15 jun. 2016.

[69]. CNT. Pesquisa CNT de rodovias 2015: relatório gerencial. Brasília: CNT - SEST: SENAT, 2015. 420 p.

[70]. PESSOA, Cláudio R. M. et al. A internet das coisas: será a internet do futuro ou está prestes a se tornar a realidade do presente?. Revista Engenharias Online, v.1, n.1, 2015. Disponível em: <http://www.fumec.br/revistas/eol/article/view/2961>. Acesso em: 6 nov. 2016.

[71]. PILLATH, Susanne. Automated vehicles in the EU. European Parliamentary Research Service. Janeiro de 2016. Disponível em: < http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/573902/EPRS_BRI(2016)573902_EN.pdf>. Acesso em: 27 set. 2016.

[72]. PIZARRO, Ludmila. Conversando com a máquina. O Tempo, Belo Horizonte, Seção Economia. 22 agos. 2016. Disponível em: <http://www.otempo.com.br/capa/economia/conversando-com-a-m%C3%A1quina-1.1359471> Acesso em: 18 nov. 2016.

[73]. PIZARRO, Ludmila. Sem motorista, automóvel do futuro será mais seguro. O Tempo, Belo Horizonte, Seção Economia. 10 abr. 2016. Disponível em: <http://www.otempo.com.br/capa/economia/sem-motorista-autom%C3%B3vel-do-futuro-ser%C3%A1-mais-seguro-1.1276455> Acesso em: 25 mai. 2016.

[74]. POMERLEAU, Dean A. ALVINN, an autonomous land vehicle in a neural network. Computer Science Department. Janeiro de 1989. Disponível em: <http://repository.cmu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2874&context=compsci>. Acessado em 28 set. 2016.

[75]. POMERLEAU, Dean A, JOCHEM, Todd. No hands across America. School of Computer Science. Carnegie Mellon University. 1995. Disponível em: <http://www.cs.cmu.edu/~tjochem/nhaa/official_press_release.html>. Acessado em: 4 out. 2016.

[76]. PORT, Otis. Look ma, no hands. Bloomberg, Pittsburgh. 14 ago. 1995. Disponível em: <http://www.bloomberg.com/news/articles/1995-08-13/look-ma-no-hands>. Acesso em: 4 out. 2016.

[77]. QUIGG, Doc. Reporter rides driverless car. Press-Courier. Google News Archive. 7 jun. 1960. Disponível em: <https://news.google.com/newspapers?id=vUpeAAAAIBAJ&sjid=3WANAAAAIBAJ&pg=6885,3667738>. Acessado em: 27 set. 2016.

[78]. QUINN, Ben. Men love cars 'because they're part of them'. The Telegraph. Seção UK News. Jul. 2007. Disponível em: <http://www.telegraph.co.uk/news/uknews/1557297/Men-love-cars-because-theyre-part-of-them.html>. Acessado em: 31 out. 2016.

[79]. RATHOD, Sheetal Ds. An autonomous driverless car: an idea to overcome the urban road challenges. Journal of Information Engineering and Applications, v. 3, n. 13, 2013. Disponível em: <http://www.iiste.org/Journals/index.php/JIEA/article/viewFile/9752/9960>. Acesso em: 20 nov. 2016.

[80]. READ, Richard. IEEE says that 75% of vehicles will be autonomous by 2040. The car connection. Seção News. In: Autonomous cars. Setembro de 2012. Disponível em <http://www.thecarconnection.com/news/1079261_ieee-says-that-75-of-vehicles-will-be-autonomous-by-2040> Acesso em: 1 mai. 2016.

[81]. REISBERG, Daniel. Learning. Computational intelligence. The MIT encyclopedia of the cognitive sciences. Cambridge: The MIT Press.1999. p.460-461.

[82]. REYNOLDS, John. Cruising into the future. The Telegraph. Seção Motoring. 26 mai. 2001. Disponível em: <http://www.telegraph.co.uk/motoring/4750544/Cruising-into-the-future.html>. Acessado em: 28 set. 2016.

[83]. RICHTEL, Matt e DOUGHERTY, Conor. Google's driverless cars run into problem: cars with drivers. Jornal The New York Times. Seção Technology. 1 set. 2015. Disponível em: <http://www.nytimes.com/2015/09/02/technology/personaltech/google-says-its-not-the-driverless-cars-fault-its-other-drivers.html?_r=0>. Acesso em: 18 nov. 2016.

[84]. ROGERS, Yvonne. Design de interação: além da interação humano-computador. Tradução: Isabela Gasparini. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

[85]. RUSSELL, Stuart J. e NORVIG, Peter. Artificial intelligence: a modern approach. Terceira edição. Nova Jersey: Pearson, 2009. 1152p.

[86]. SACERDOTI, Earl D. Planning in a hierarchy of abstraction spaces. IJCAI'73 Proceedings of the 3rd international joint conference on Artificial intelligence. p412-422. São Francisco – Califórnia: Morgan Kaufmann Publishers Inc, 1943.

[87]. SANTO, Davide. Autonomous cars' pick: camera, radar, lidar?. Jornal EE Times. 7 jul. 2016. Disponível: <http://www.eetimes.com/author.asp?section_id=36&doc_id=1330069>. Acesso em: 20 nov. 2016.

[88]. SANTOS, Bruno P., et al. Internet das coisas: da teoria à prática. XXXIV Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos. Mai-Jun 2016. Salvador, Bahia. Disponível em: <http://homepages.dcc.ufmg.br/~bruno.ps/iot-tp-sbrc-2016/>. Acesso em 10 nov. 2016.

[89]. SCHANK, Roger C. What is AI, anyway?. The foundations of artificial intelligence: a sourcebook. New York: Cambridge University Press, 1990, p3-13.

[90]. SCHNEIDER, Walter. Automaticity. Computational intelligence. The MIT encyclopedia of the cognitive sciences. Cambridge: The MIT Press.1999. p.63-64.

[91]. SCHOETTLE, Brandon e SIVAK, Michael. A survey of public opinion about autonomous and self-driving vehicles in the U.S., the U.K., and Australia. Ann Arbor, Michigan (USA): The University of Michigan Transportation Research Institute; 2014 Jul. Report No.: UMTRI-2014-21.

[92]. SEN, Sandip e WEISS, Gerhard. Learning in multiagent systems. Multiagent Systems: a modern approach to distributed artificial intelligence. 3ª edição. Cambridge: The MIT Press 2001, p363.

[93]. SHOHAM, Yoav e TENNENHOLTZ, Moshe. On social laws for artificial agent societies: off-line design. Artificial Inteligênce, v. 73, n. 1-2, p231-252. Fev. 1995. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/000437029400007N>. Acessado em: 28 out. 2016.

[94]. SILVA, E. L. e MENEZES, E. M. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. 4.ed. ver. atual – Florianópolis: UFSC, 2005.

[95]. SOLON, Olivia. Lidar: the self-driving technology that could help Tesla avoid another tragedy. Jornal The Guardian. Seção Technology. 6 jul. 2016. Disponível em: <https://www.theguardian.com/technology/2016/jul/06/lidar-self-driving-technology-tesla-crash-elon-musk>. Acesso em: 20 nov. 2016.

[96]. SPICE, Byron e WATZMAN, Anne. Nov. 4: Carnegie mellon tartan racing Wins $2 million DARPA urban challenge. Carnegie Mellon University. Nov. 2007. Disponível em: <https://www.cmu.edu/news/archive/2007/November/nov4_tartanracingwins.shtml>. Acessado em: 12 out. 2016.

[97]. STEVENSON, Jamie. What are car proximity sensors and how do they work?. Revista HERE. Seção 360. 4 mai. 2016. Disponível em: < http://360.here.com/2016/05/04/what-are-car-proximity-sensors-and-how-do-they-work/>. Acesso em: 21 nov. 2016.

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

[99]. The Guardian. Google self-driving car caught on video colliding with bus. Jornal The Guardian. 9 mar. 2016. Disponível em: <https://www.theguardian.com/technology/2016/mar/09/google-self-driving-car-crash-video-accident-bus>. Acesso em: 6 jul. 2016.

[100]. THORPE, C. et al. The 1997 automated highway free agent demonstration. The Robotic Institute. Carnegie Mellon University.IEEE. 1998. Disponível em: <https://www.ri.cmu.edu/pub_files/pub2/thorpe_charles_1997_2/thorpe_charles_1997_2.pdf>. Acessado em 01 out. 2016.

[101]. THRUN, Sebastian, et al. Stanley: The robot that won the DARPA grand challenge. Journal of Field Robotics. v.23, n.9, p. 661-692. Setembro de 2006. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/rob.20147/epdf>. Acessado em: 12 out. 2016.

[102]. UNITED STATES AIR FORCE. Autonomous horizons: system autonomy in the air force. Office of the Chief Scientist. Jun. 2015 Report No.: AF/ST TR 15-01. v1. Disponível em: <http://www.af.mil/Portals/1/documents/SECAF/AutonomousHorizons.pdf?timestamp=1435068339702>. Acessado em: 28 out. 2016.

[103]. U.S. Department of Transportation: DOT fact sheets highlight grim state of U.S. roads and bridges. Washington – DC. 9 jul. 2015. Disponível em: <https://www.transportation.gov/briefing-room/dot-fact-sheets-highlight-grim-state-us-roads-and-bridges>. Acesso em: 9 jun. 2016.

[104]. ÜNSAL, Cem. Intelligent navigation of autonomous vehicles in an automated highway system: Learning methods and interacting vehicles approach. 1997. 200 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg, Virginia. 1997. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/265038765_Intelligent_Navigation_of_Autonomous_Vehicles_in_an_Automated_Highway_System_Learning_Methods_and_Interacting_Vehicles_Approach>. Acesso em: 8 jun. 2016.

[105]. URMSON, C. Just press go: designing a self-driving vehicle. **Google Official Blog**. 27 mai. 2014. Disponível em: < https://googleblog.blogspot.com.br/2014/05/just-press-go-designing-self-driving.html>. Acesso em: 5 jul. 2016.

[106]. VALLI, Alessandro. Notes on Natural Interaction. 2004. Disponível em: <http://www.idemployee.id.tue.nl/g.w.m.rauterberg/lecturenotes/valli-2004.pdf> Acesso em: 1 mai. 2016.

[107]. VALLI, Alessandro. The Design of natural interaction. Multimedia Tools and Applications, v.38, n.3, p. 295-305. Julho 2008. Disponível em: <http://research.microsoft.com/en-us/um/cambridge/projects/hci2020/pdf/TheDesignOfNaturalInteraction.pdf> Acesso em: 1 mai. 2016.

[108]. WANG, Lucy. The self-driving car didn't start with google, or tesla. Inhabitat. 4 mar. 2016. Disponível em: <http://inhabitat.com/the-self-driving-car-didnt-start-with-google-or-tesla/>. Acessado em: 27 set. 2016.

[109]. WEBER, Marc. Where to? A history of autonomous vehicles. Computer History Museum. 8 mai. 2014. Disponível em: <http://www.computerhistory.org/atchm/where-to-a-history-of-autonomous-vehicles/>. Acessado em: 27 set. 2016.

[110]. WEBER, Rolf H. e WEBER, Romana. Internet of things: Legal Perspectives. Berlin: Springer, 2010. 130p.

[111]. WEISER, Mark et al. The origins of ubiquitous computing research at PARC in the late 1980s. IBM System Journal, v.38, n.4, p693-696. 1999. Disponível em: <http://www.cs.cmu.edu/~./jasonh/courses/ubicomp-sp2007/papers/03-weiser-origins.pdf>. Acesso em: 4 nov. 2016.

[112]. WEISS, Gerhard. Prologue. Multiagent Systems: a modern approach to distributed artificial intelligence. 3ª edição. Cambridge: The MIT Press 2001, p1-26.

[113]. WINSTON, Patrick. H. Artificial intelligence. Terceira edição. Englewood: Pearson, 1992. 737p.

[114]. WINOGRAD, Terry. Thinking machines: can there be? Are we?. The foundations of artificial intelligence: a sourcebook. New York: Cambridge University Press, 1990, p167-189.

[115]. WILLIAMS, Martyn. Ford will triple its autonomous car test fleet: Expansion will give it auto industry's largest fleet. Revista PCWorld. Seção Car Tech. 5 jan. 2016. Disponível em: <http://www.pcworld.com/article/3019354/car-tech/ford-will-triple-its-autonomous-car-test-fleet.html>. Acesso em: 21 nov. 2016.

[116]. XIA, Feng et al. Internet of things. International Journal of Communication Systems, v.25, n.12, dez. 2012. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/journal

/10.1002/(ISSN)1099-1131/issues>. Acesso em: 4 nov. 2016.

[117]. YADRON, D e TYRAN, D. Tesla driver dies in first fatal crash while using autopilot mode. Jornal The Guardian, San Francisco, 1 jul. 2016. Disponível em: <https://www.theguardian.com/technology/2016/jun/30/tesla-autopilot-death-self-driving-car-elon-musk>. Acesso em: 5 jul. 2016.

[118]. YANG, J e COUGHLIN, J. F. In-vehicle technology for self-driving cars: Advantages and .Cambridge, v. 15, n. 2, p. 333-340, mar. 2014.

[119]. ZHANG, B. Elon Musk: In 2 years your Tesla will be able to drive from New York to LA and find you. Yahoo Finance. 10 jan. 2016. Disponível em: <http://finance.yahoo.com/news/elon-musk-two-years-car-202858960.html>. Acesso em: 6 jul. 2016.

[120]. ZIEGLER, C. Volvo will run a public test of self-driving cars with 100 real people in 2017. The Verge. 23 fev. 2015. Disponível em: < http://www.theverge.com/2015/2/23/8091455/volvo-drive-me-self-driving-car-test-2017>. Acesso em: 6 jul. 2016.

[121]. ZIEGLER, C. Watch a self-driving Audi become 'the fastest autonomous car on the planet'. The Verge. 20 out. 2013. Disponível em: <http://www.theverge.com/2014/10/20/7024137/watch-a-self-driving-audi-become-the-fastest-autonomous-car-on-the-planet>. Acesso em: 6 jul. 2016.