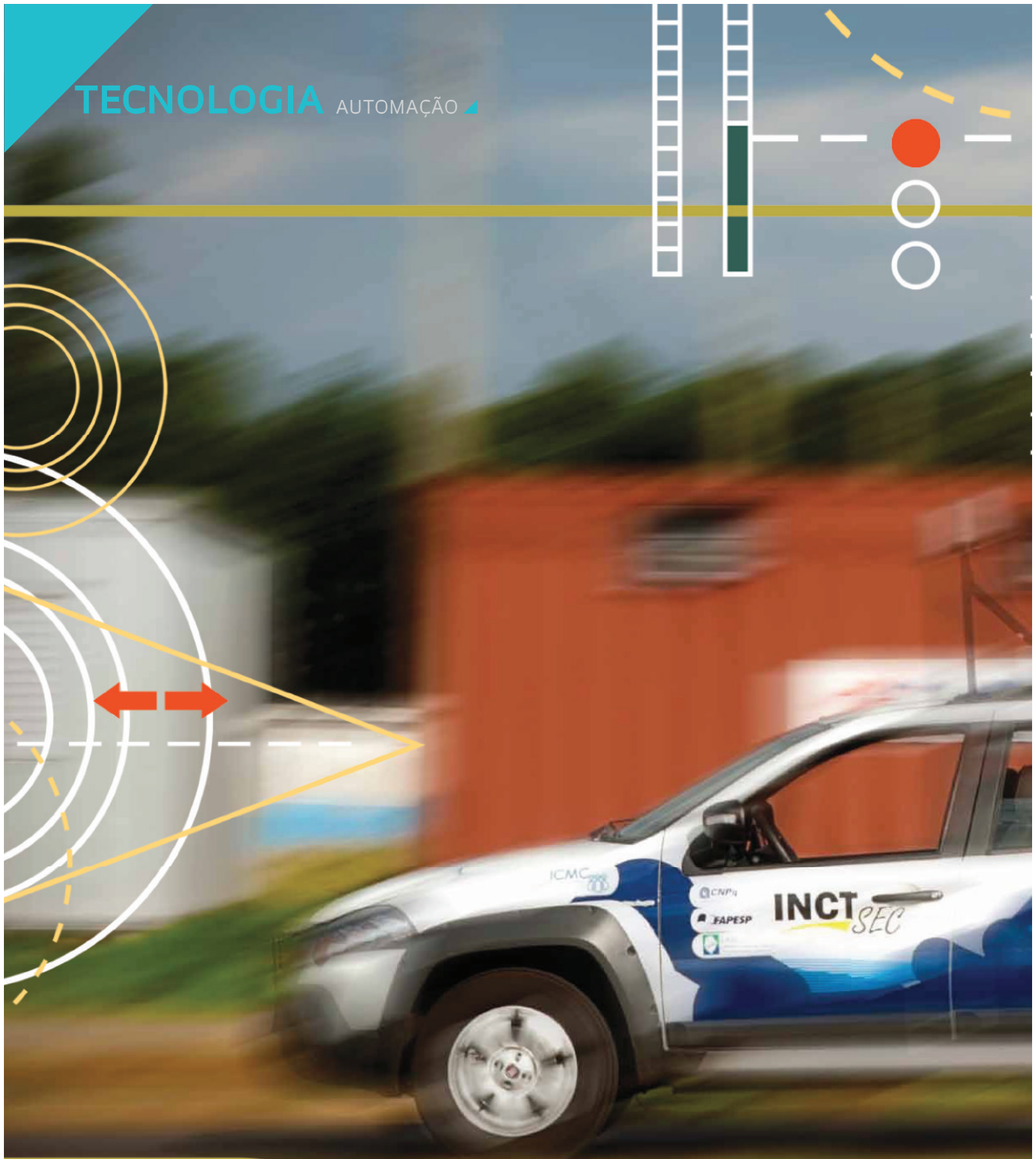


TECNOLOGIA AUTOMAÇÃO



No campus da USP em São Carlos, alunos no banco de trás acompanham o teste do carro sem motorista e em movimento



Carro sem motorista

Projetos brasileiros de veículos autônomos trazem contribuições para o futuro da mobilidade urbana

Marcos de Oliveira

Deixar o motorista livre em seu assento para ler, cochilar, acessar um *smartphone* e até jogar *videogame*. Tudo isso dentro do veículo em movimento. É o que promete o carro autônomo previsto para ser comercializado nos próximos 10 ou 20 anos. Por enquanto, os esforços estão no campo da pesquisa, principalmente em universidades, algumas empresas da indústria automobilística e na Google, que também mantém um projeto experimental. No Brasil, um Palio Weekend Adventure da Universidade de São Paulo (USP) foi o primeiro carro autônomo autorizado a trafegar em ruas de uma cidade – São Carlos, no interior paulista – num percurso de 5,5 quilômetros (km) no início de outubro.

O carro, comprado em uma concessionária Fiat, foi adaptado com uma série de equipamentos por um grupo de pesquisadores do Instituto de Ciências Matemáticas e da Computação (ICMC) e da Escola de Engenharia do *campus* da USP são-carlense. “Um dos grandes problemas do momento é a falta de tempo das pessoas e as perdas de horas no trânsito principalmente nas grandes cidades”, diz o professor Denis Wolf, do ICMC, coordenador do projeto Carro Robótico Inteligente para Navegação Autônoma (Carina), que tem financiamento da FAPESP e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), principalmente por meio do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Sistemas Embarcados (INCT-SEC).

“Existem estudos científicos mostrando que carros ordenados e em velocidade adequada, trocando informações automaticamente entre si e com sensores em postes e no solo que, por sua vez, se comunicam com a companhia de trânsito, podem aumentar a capacidade de fluxo de veículos em até 300% em vias urbanas e três vezes nas rodovias. E isso só é possível com os carros autônomos”, diz Wolf. Um futuro possível dentro das

idades inteligentes, com semáforos e sinalização de pista, por exemplo, trocando informações com os carros. Sinais de *wi-fi* e de GPS – Global Positioning System de localização por satélite – dos veículos, dos celulares e de outros aparelhos portados pelos passageiros de todos os veículos, inclusive motos, caminhões e ônibus, formariam uma rede de informações que traria condições ideais para todos trafegarem com mais segurança e maior rapidez.

As tecnologias para esse novo mundo estão sendo formatadas como mostram as experiências de São Carlos e de mais duas universidades brasileiras, as federais do Espírito Santo (Ufes) e de Minas Gerais (UFMG). A equipe paulista é composta por dois professores, além de Wolf, e 15 alunos de mestrado e doutorado, e conta com um mecânico responsável pela adaptação do carro. Eles desenvolveram o sistema de controle, com *softwares* de comando, e criaram uma inovação que deve ser patenteada assim que terminar o desenvolvimento. É um motor elétrico na barra de direção que se acopla e magnetiza o mecanismo fazendo o carro movimentar o volante de acordo com os comandos dos computadores, que são dois. O primeiro está instalado no porta-malas, com grande capacidade de processamento e formato industrial capaz de suportar vibrações e altas temperaturas. Ele recebe as informações dos sensores externos, como os lasers, câmeras e um sistema de GPS muito avançado que indica a posição do veículo num mapa em uma tela ao lado do motorista. Esse processador indica o que o carro deve fazer conforme as informações recebidas e repassa para outro computador, esse de menor porte, instalado no porta-luvas.

“O menor tem a função de controlar o *hardware* do veículo, como, por exemplo, girar o volante a 10 graus, acelerar ou frear”, diz Wolf. O freio possui um mecanismo chamado de atuador linear que age sobre um pistão para acioná-lo conforme mensagem dos computadores de bordo. Esse sistema é uma contribuição do grupo de pesquisa de veículos autônomos da UFMG. O câmbio é automatizado de fábrica e troca as marchas conforme a necessidade do motor do carro. “Também desenvolvemos e ainda não implantamos um sistema que engata a ré conforme o *software* de controle do veículo.”

Como a segurança é fundamental, a qualquer momento o motorista pode tomar o comando do carro apertando um botão no painel que desliga todos os sistemas eletrônicos que não sejam os convencionais do veículo. Com isso, o condutor volta a ser o comandante. No modo autônomo, os olhos do motorista são substituídos por lasers e câmeras que funcionam em 360°, da mesma forma da usada no sistema Google Street View em que é possível identificar cada local num mapa com tudo ao redor em localidades previamente filmadas

Controle da autonomia

Vários sistemas e equipamentos garantem a segurança

SENSORES LASER

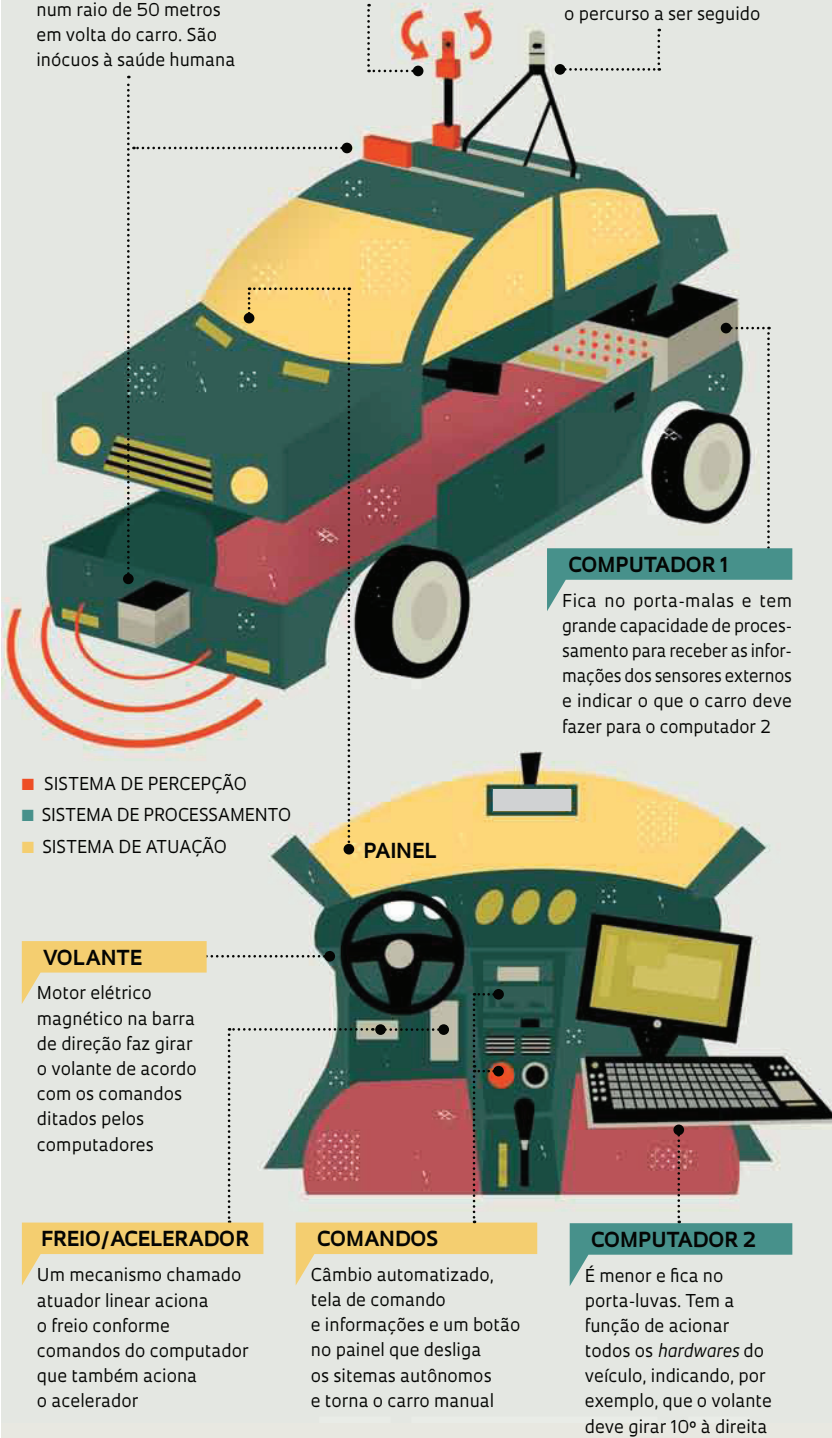
São dois, um no teto e outro na frente. Emitem milhares de feixes de luz por segundo em todas as direções para identificar tudo que está num raio de 50 metros em volta do carro. São inócuos à saúde humana

CÂMERA 360°

Formada por duas lentes que medem a profundidade em 3D. Identificam a luminosidade e a forma de pessoas e animais

GPS

Capta sinais de satélites para identificar a localização do veículo (latitude e longitude) e transferir para o sistema de processamento o percurso a ser seguido



FONTE DENIS WOLF/USP

por um carro da empresa. São dois lasers, um na frente e outro no teto. Os dois também em 360° emitem 700 mil pontos de luz por segundo para mapear tudo o que está ao redor numa distância de 50 metros de raio, medindo quão perto estão outros carros, postes, pessoas, cachorros, as guias e qualquer outro obstáculo, sempre informando o ângulo e a altura em relação ao veículo. “É um laser invisível a olho nu que não traz prejuízos à saúde humana”, diz Wolf. A câmera estéreo, com duas lentes, opera com o laser instalado na frente do carro e estima a profundidade das coisas ao redor, além de interpretar e informar as faixas de trânsito. “Nesse ponto estamos no meio do desenvolvimento, por enquanto o carro trafega nas faixas da pista, mas logo conseguiremos que ele identifique se elas são contínuas ou duplas, além de reconhecer as faixas de pedestres.”

O trajeto do carro é preestabelecido no mapa mostrado no monitor, mas durante o percurso é possível o ocupante mudar esse caminho por qualquer motivo. No futuro, as informações das condições de tráfego poderão determinar as mudanças de forma autônoma de acordo com os comunicados que o veículo receber da companhia de trânsito ou da administradora da rodovia. As imagens no monitor também mostram os obstáculos e as pessoas ao redor do veículo.

O carro, chamado de Carina II – o Carina I foi um carro de golfe elétrico que rodou apenas no *campus* –, percorreu primeiro as vias dentro do *campus* da USP em São Carlos, em 2012, e em outubro deste ano ganhou

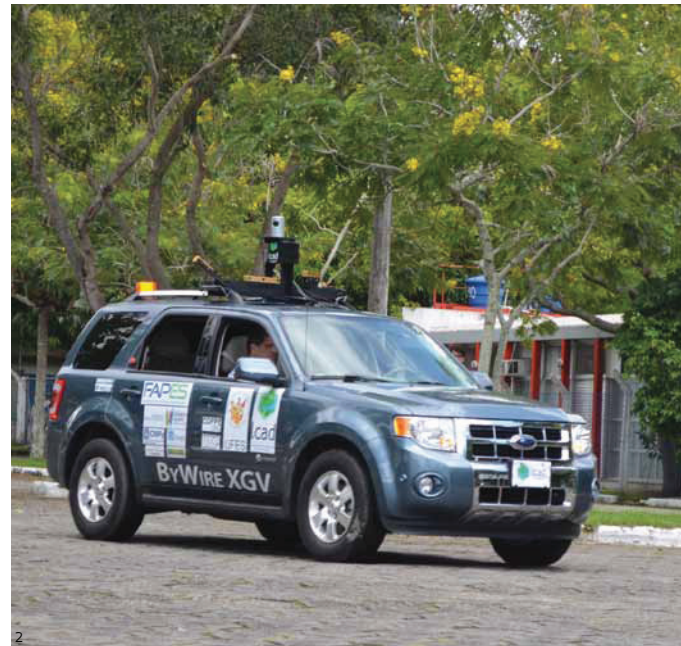
as ruas da cidade, com apoio da Secretaria Municipal de Transporte e Trânsito, que afastou outros veículos do percurso e o escoltou com duas motos. “Até onde sabemos esse é o primeiro teste de um carro autônomo com todas as autorizações em vias públicas da América Latina”, diz Wolf, que não tem financiamento ou parceria com nenhuma indústria de autopeças ou automobilística. “Com o financiamento da FAPESP e do CNPq compramos o carro por R\$ 50 mil em 2010 e todos os equipamentos principais como lasers e câmeras foram importados. Os lasers custaram R\$ 110 mil, e a câmera 360° mais R\$ 40 mil sem o imposto de importação porque são aparelhos para pesquisa comprados via CNPq”, diz Wolf.

“Mas ainda temos um longo caminho porque o nosso carro ainda não faz ultrapassagens e a velocidade é limitada a 40 quilômetros por hora (km/h) por questão de segurança”, diz. Os estudos vão se aprofundar com a interação com um grupo da Universidade do Estado de Ohio (OSU), nos Estados Unidos, por meio de um projeto dentro de um acordo de cooperação firmado entre a FAPESP e a universidade norte-americana. “O grupo de Ohio é mais voltado para a engenharia elétrica e menos para a computação como o nosso. Eles têm mais de 15 anos de experiência e estão mais avançados na parte de controle e de instrumentação, mas nós estamos na frente na interpretação e processamento das imagens captadas por câmeras e sensores”, diz. Mesmo trabalhando na evolução do sistema, o grupo da USP já pres-

Grupo da USP firma parceria com outro da Universidade de Ohio, nos Estados Unidos, para avançar nos estudos

Denis Wolf, da USP: autônomo pode aumentar fluxo do tráfego nas cidades em até 300%. Ao lado, o carro nas ruas de São Carlos





1 Astra pioneiro da UFMG, montado em 2007

2 Ford Escape, da Ufes: equipamento para entender modelos neurais e melhorar a visão dos carros

tu consultoria para empresas do setor agrícola e de veículos de grande porte, em projetos que os empresários preferem não comentar.

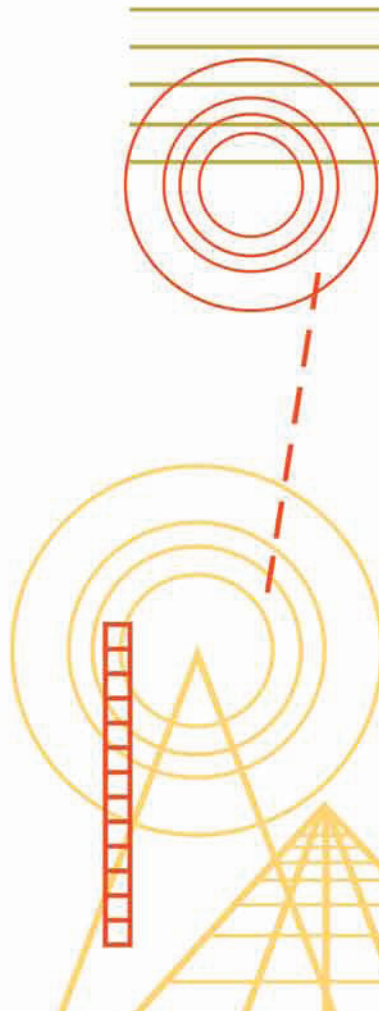
Embora com muitos projetos, o grupo de São Carlos não é o mais famoso do país. De forma involuntária, a equipe liderada pelo professor Alberto Ferreira De Souza, do Laboratório de Computação de Alto Desempenho (Lcad) do Departamento de Informática da Ufes, ficou conhecido no Brasil por ter se envolvido num pequeno acidente com a apresentadora Ana Maria Braga, da Rede Globo, num programa ao vivo na manhã do dia 22 de abril deste ano. Após realizar o percurso previsto no modo autônomo, o carro passou para manual por um erro humano. Com isso, o veículo se movimentou – não estava com o freio de mão puxado e encontrava-se em uma pequena descida – atingindo com a porta aberta a apresentadora que foi ao chão e sofreu ferimentos leves na boca e nas mãos. “Com o nervosismo do programa ao vivo deixamos de seguir as regras de segurança no momento em que desligamos o automático e passamos para o manual”, lembra De Souza. “Mas ela foi muito simpática com a gente e até ficou preocupada com uma possível repercussão negativa ao nosso projeto.” Mas o que aconteceu foi o contrário, muito mais gente se interessou em conhecer “o carro que anda sozinho”.

O grupo da Ufes, formado por mais três professores e nove alunos de mestrado e doutorado, desenvolveu o *software* que faz o controle do carro, mas o foco de interesse a longo prazo dos pesquisadores é entender como o cérebro humano funciona em relação à cognição visual para melhorar a visão dos carros. “O cérebro é capaz de criar representações internas, como, por exemplo,

medir o volume de algo, algumas pessoas fazem isso olhando para um móvel e dizem o tamanho aproximado, ou então um jogador de tênis que tem que calcular com precisão a velocidade da bola e a posição da raquete”, explica De Souza. “No carro, o universo é bem sofisticado porque existem os semáforos, por exemplo, e regras determinadas para todos. Queremos entender os modelos neurais, e não apenas matemáticos, de situações que indicam onde a pessoa está, em que lugar. Mas talvez os carros não precisem ter tanta informação como nós.”

Para levar à frente esse experimento, De Souza adquiriu, com financiamento do CNPq e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (Fapes), um veículo Ford Escape híbrido, dos Estados Unidos. Ele contratou uma empresa norte-americana para modificar o carro com mecanismos para controlar o volante, freio, acelerador, câmbio e demais instrumentos via computador, além de instalar as câmeras e lasers de visão de 360°. Depois a equipe do professor Alberto desenvolveu o *software* de inteligência artificial de controle e navegação autônoma do carro. No total, o veículo já custou R\$ 500 mil. Para sair à rua, o carro está aguardando a resolução de problemas burocráticos para emplacamento e regularização. Por enquanto, os testes são feitos dentro do *campus* da Ufes, em Vitória. A ambição do grupo é, em 2014, fazer o carro ir até Guarapari, a 50 quilômetros, e avançar na pesquisa com redes neurais principalmente no entendimento das regras de trânsito.

Ao contrário de Alberto, que adquiriu o carro em 2012 com os mecanismos de acionamento via computador prontos, o grupo do professor Gui-



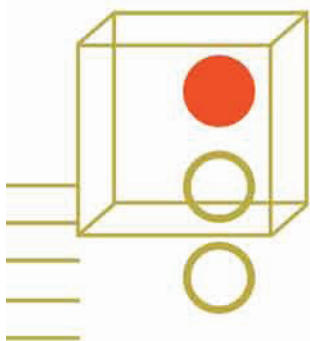
É preciso uma legislação específica para os autônomos. Uma das perguntas é de quem será a culpa em caso de um atropelamento

lherme Augusto Silva Pereira, do Departamento de Engenharia Elétrica da UFMG, ainda em 2007 começou a montar um carro autônomo do zero. “Compramos, com o auxílio da Fapemig [Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais], os equipamentos, como lasers, câmeras estéreo e GPS, e fizemos a instalação de toda a parte de automação interna e externa de uma forma que o sistema pode ser instalado em qualquer veículo”, diz Pereira. O carro utilizado é um Astra 2003 que foi ganho em uma competição, por outro grupo da universidade, da fabricante General Motors.

Ao longo desses anos, Pereira e seus alunos refizeram toda a arquitetura de controle do carro e desenvolveram um controlador de velocidade que abrange de zero a 40 km/h. “Já existem controladores que partem dos 30 km/h. Nós fizemos um novo porque esse equipamento será essencial nos carros autônomos do futuro, quando será necessário, num engarrafamento, andar a menos que 40 km/h atrás de outro veículo com auxílio de sensores.” O Astra da UFMG também está circunscrito às ruas do *campus* em Belo Horizonte. “Como o carro foi doado, ele não tem número de chassi e não pode ser emplacado”, diz Pereira.

“Ainda temos que evoluir muito e o caminho que outros grupos também buscam é a navegação que evite obstáculos, com a identificação de uma pessoa, um poste ou outro veículo, sabendo discernir o que está à frente”, diz Pereira. “Buscamos o mapeamento semântico dos obstáculos ao colocar nome e identificar o tipo de problema a enfrentar.” Ele acredita que os veículos autônomos estejam saindo do âmbito da pesquisa, pelo menos, na área de montagem dos carros. “Empresas da indústria automobilística já estão com modelos avançados. Por exemplo, a Nissan anunciou que terá um carro elétrico autônomo em 2020”, diz Pereira.

“Existem exemplos que provam que a tecnologia é viável, como nos Estados Unidos, onde a Google com um Toyota Prius adaptado para ser um carro autônomo percorreu milhares de quilômetros, e na Alemanha, onde a Mercedes, a Volks e o Instituto Fraunhofer possuem protótipos”, diz o engenheiro Ricardo Takahira, gerente de Novos Negócios em Veículos Elétricos e Inovação da Magneti Marelli, e membro dos comitês de veículos híbridos, elétricos, telemática e *infotainment* (informação e entretenimento) da Sociedade de Engenheiros da Mobilidade (SAE Brasil). “Mas ainda é preciso muita coisa, inclusive uma legislação específica para o carro autônomo. De quem seria a responsabilidade se por ventura esse veículo atropelasse alguém? Seria do proprietário, da montadora? Haveria seguro para este tipo de carro? São perguntas que ainda fazemos”, diz Takahira. “A tecnologia tem que andar de mão dada com a legislação.” O professor De Souza cita também a preocupação futura com *hackers* que



Frequência das estrelas e dos carros

Automação veicular utiliza cada vez mais radares que podem interferir em outros setores

Os automóveis atuais estão ganhando equipamentos eletrônicos sofisticados como o *adaptive cruise control* (ACC). Com uso de sensores na dianteira, o próprio sistema, sem a participação ativa do motorista, controla a aceleração ou o freio e mantém uma distância segura do veículo que vai à frente, evitando uma colisão em caso de uma parada brusca. Nesses casos, um dos problemas que surgem para os veículos autônomos é a necessidade do uso de uma frequência de radar de 79 gigahertz, a mesma reservada no Brasil e em todas

as Américas para uso em radioastronomia. O rádio-observatório do Itapetinga, em Atibaia (SP), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), utiliza essa banda para captar dados do espaço. “Existem comissões, inclusive da Anatel [Agência Nacional de Telecomunicações] e da União Internacional de Telecomunicações [ITU, na sigla em inglês], que estudam o assunto porque nos Estados Unidos e na Europa já existem acordos para uso dessa frequência em radares automotivos”, diz Takahira. Esses

radares nos veículos produzem interferências nos rádio-observatórios se um único veículo estiver localizado a uma distância de 30 quilômetros. “Um grupo de estudos da Anatel tem participado das discussões na ITU e no Comitê Interamericano de Telecomunicações tentando apoiar e estabelecer critérios de compatibilidade entre esses serviços para que os radares possam ser usados em bandas de frequências que não prejudiquem os serviços científicos em andamento”, diz o pesquisador José Willians Vilas Boas, do Inpe.



podem entrar no sistema operacional do carro e até provocar acidentes.

Para Takahira ainda faltam mapas eletrônicos de grande definição de todas as localidades para que a navegação eletrônica possa ocorrer, além de sinalização eletrônica das placas. Também seria necessário encontrar soluções básicas para problemas de sujeira na lente das câmeras, por exemplo, que podem levar a interpretações errôneas pelo *software* de imagem. São detalhes a serem resolvidos aos poucos da mesma forma que os carros já estão se tornando autônomos. Ele se lembra de veículos como o Touareg da Volkswagen vendido no Brasil que estaciona sozinho em uma vaga por meio de sensores e câmeras.

Algumas dificuldades no caminho dos carros autônomos começam a ser resolvidas como aconteceu nos Estados Unidos para favorecer os veículos experimentais da Google. Para rodarem com mais tranquilidade nas ruas, os estados da Califórnia, Nevada e Flórida emitiram leis que permitem testes com esses tipos de veículos. Assim, eles já percorrem milhares de quilômetros sem motorista, apenas acompanhados de engenheiros no interior dos veículos. A Google conta com cinco carros, um Prius e três Lexus RX, da Toyota, e um Audi TT. O sistema de controle dos carros chamado de Google Chauffeur é coordenado pelo engenheiro Sebastian Thrun, do Laboratório de Inteligência Artificial da Universidade Stanford e também um dos inventores da Google Street View. A equipe de Thrun ganhou

um prêmio de US\$ 2 milhões em 2005 da Agência de Pesquisa Avançada de Defesa (Darpa, na sigla em inglês) do Departamento de Defesa dos Estados Unidos com um projeto de carro autônomo. Depois foram contratados pela Google. Existem muitas experiências no mundo, principalmente na Alemanha, na Itália, no Japão e em Israel. O professor Wolf analisa que se a tecnologia evoluir e for aprovada ainda vai faltar a pergunta: “Quem compraria esse carro?”. Além de mais caro, seria um carro monitorado por uma infinidade de sensores nas ruas e nas estradas. “Não daria para sair ultrapassando rapidamente outro carro como se faz hoje, correndo mais que os outros ou dirigindo mais devagar que o fluxo.” Wolf ainda vai mais à frente num possível futuro. “Poderia existir um dia que ninguém mais compraria um carro, seria só pedir pelo telefone que um veículo sem motorista pegaria a pessoa num lugar e levaria para outro cobrando apenas o trajeto.” ■

Projetos

1. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Sistemas Embarcados Críticos (INCT-SEC) (n° 2008/57870-9); **Modalidade** Projeto Temático-INCT; **Coord.** José Carlos Maldonado – USP; **Investimento** R\$ 2.639.677,06 (para todo o INCT-SEC) FAPESP
2. A Collaborative Effort For Safer And More Efficient Transportation With Intelligent Vehicles. (FAPESP-OSU/2013) (n° 2013/50332-0); **Modalidade** Linha Regular de Auxílio a Projeto de Pesquisa; **Coord.** Denis Fernando Wolf – USP; **Investimento** R\$ 21.660,00 (FAPESP)
3. Projeto Carina - Carro Robótico Inteligente para Navegação Autônoma (n° 2011/10660-2); **Modalidade** Linha Regular de Auxílio a Projeto de Pesquisa; **Coord.** Denis Fernando Wolf – USP; **Investimento:** R\$ 55.753,20 (FAPESP)

Em São Carlos, dois computadores controlam as informações dos sensores externos e acionam os comandos do veículo

