

Avanços tecnológicos na área das TIC automóveis – Automóveis Inteligentes

Emanuel Pinto, Hélder Carmelita

Instituto Superior de Engenharia do Porto – Departamento de Engenharia Electrotécnica
{1020350, 1020355}@isep.ipp.pt

Resumo

Nos últimos anos os avanços nas tecnologias da informação e comunicação (TIC) têm-se reflectido visivelmente na troca de informação, na noção do tempo e espaço. Da sua aplicação na indústria automóvel resulta um novo objectivo para os seus construtores – tornar o veículo o mais inteligente possível.

O presente trabalho tem como motivação citar e esclarecer sucintamente as vertentes encontradas que possam definir um automóvel inteligente. Este conceito não está associado somente a um veículo completamente autónomo mas também a sistemas que contemplam a segurança, o apoio na condução do condutor e o aumento na rapidez da assistência a vítimas em caso de acidente e do fluxo de trânsito.

A interacção destas tecnologias, num futuro próximo, convergirá, assim, para o desejado automóvel autónomo comercial.

Abstract

In recent years advances in information and communication technologies (ICT) have been visibly reflected in the exchange of information, the notion of time and space. Their application in the automotive industry follows a new target for their manufacturers – making the vehicle smarter as possible.

This work has the motivation quote and explain briefly the strands found that can define a car intelligently. This concept is not only linked to a vehicle completely autonomous but also systems that include security, support in the conduct of the driver and the increase in the speed of assistance to victims in case of accidents and the flow of traffic.

The interaction of these technologies, in the near future, will converge to the desired car autonomous trade.

1. Introdução

O presente texto visa abordar os avanços tecnológicos na área das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) no âmbito dos automóveis inteligentes.

Este trabalho tem por base explicitar o conceito de automóvel inteligente, apresentando, assim, várias vertentes para a possível designação do mesmo.

O capítulo 1 deste relatório é o presente capítulo – introdução. Neste são definidos os seus objectivos, a sua motivação e respectiva organização. No capítulo seguinte, 2, são apresentados os avanços tecnológicos na área dos automóveis inteligentes nos dias de hoje e algumas previsões futuras. O 3º capítulo é responsável por esclarecer sumariamente no que consiste cada vertente encontrada para explicar o conceito de automóvel inteligente. Segue-se o capítulo 4 cujo conteúdo é a descrição do trabalho. Por último, são expostas as principais conclusões e um último capítulo com as referências.

2. Estado do conhecimento na área

A Comissão Europeia aposta em automóveis inteligentes com base nas TIC promovendo a iniciativa carros inteligentes a ser implementada até 2010.

Os objectivos desta iniciativa são bem claros. A diminuição de acidentes na estrada e consequentemente a redução do número de mortos e feridos é uma finalidade muito importante. É necessário aumentar a rapidez na assistência das vítimas em caso de acidente, para isso a Comissão europeia pretende implementar o sistema *E-call*. Um dos métodos para reduzir o número de vítimas de acidentes de viação é implementar um sistema de aviso de perigos, outro será aumentar a segurança na condução da viatura, por exemplo, incluir o sistema denominado por “Ajuda de Mudança de faixa” que foi desenhado para reduzir o risco de colisão quando o condutor muda de faixa, o “Sistema de Controlo das Áreas Laterais e Traseira” permite reduzir o risco de acidentes entre os veículos através da utilização de sensores que alertam o condutor e o “Sistema de detecção de obstáculos” que alerta o condutor sobre a presença de obstáculos na via. Devido à deterioração da camada de ozono, é fundamental que se preserve o ambiente e, com isso, é importante que os automóveis consumam cada vez menos, existindo cada vez mais veículos munidos do sistema *Start&Go* que desliga o motor sempre que este se encontre imobilizado durante alguns segundos, reduzindo assim o consumo e contribuindo para uma redução de CO₂. Um outro ponto a focar desta iniciativa é a vontade de haver um tráfego mais fluído, para isso é necessário implementar sistemas de informação que interajam quer com o automóvel quer com uma central de informação de trânsito das estradas.

Em relação às chamadas caixas negras, que recolhem informações do veículo e do comportamento do condutor, já existem protótipos mas ainda não existem para fins comerciais.

Uma outra ideia já existente mas que ainda está em fase de testes é o sistema economizador de combustível. Este sistema recorre à tecnologia telemática de trânsito para aumentar ou diminuir a velocidade do automóvel e, com isso, evitar consumos desnecessários de combustível.

O pico na simulação de automóveis inteiramente inteligentes ainda está longe, pelo menos de uma forma completamente fiável e segura, ou seja, veículos completamente autónomos só existem ainda em protótipo, em fase de testes, ou então desenhados especialmente para concursos.

3. Apresentação

Na base do pensamento de um automóvel inteligente podem estar várias vertentes associadas.

A primeira são os sistemas embebidos que apoiam o condutor nas suas manobras e segurança da sua condução, quer da forma activa – por actuação directa no sistema automóvel – quer da forma passiva – por sinalização. Estes sistemas embebidos já se encontram nos automóveis contemporâneos e podem ser considerados sistemas electrónicos com finalidades específicas cuja função é serem autónomos e terem dimensões reduzidas. Estes sistemas geralmente requerem ser executados em tempo real, especialmente nestes casos, porque por exemplo, é necessário que o sistema responsável pela actuação do *Airbag* (sistema passivo) recolha informações (da velocidade, da força de impacto, etc.) e as analise de forma a poder actuar num curto espaço de tempo.

Outra vertente pode ser também considerada a capacidade de, em caso de acidente, um equipamento no próprio automóvel avisar o 112 da ocorrência do acidente. Esta tecnologia tem o nome de *E-call* e tem como principal vantagem aumentar significativamente a rapidez de auxílio à(s) vítima(s).

Como complemento a esta última, existe também já a caixa negra, cuja função é registar e armazenar de uma forma indestrutível toda a informação do veículo, inclusive os comportamentos do condutor durante a sua viagem. Por enquanto está na forma de protótipo, no âmbito automóvel, e uma das razões é a falta de privacidade que os utilizadores possam vir a ter.

Veículo inteligente também pode ser aquele que, ao interagir com sistemas de informação de trânsito espalhados pelas estradas, tenha a capacidade de sugerir ao condutor o caminho mais rápido, o trajecto menos congestionado e alertar o condutor sobre possíveis congestionamentos. Esta tecnologia permite aumentar a fluidez do trânsito.

Ainda outra capacidade é a de conseguir economizar o combustível. Esta vertente está correlacionada com a anterior no sentido de usar, também, a tecnologia telemática de trânsito. Tem um princípio de funcionamento simples, consoante a informação recebida da central o sistema embebido vai processar esses dados e ajustar a velocidade do veículo para que, por exemplo, se houver trânsito mais à frente, ele desacelere e, assim, evita acelerações desnecessárias reduzindo os gastos de combustível. Todos estes sistemas convergem para que, previsivelmente, em 2030 haja automóveis completamente autónomos. Mas ainda há muitos avanços tecnológicos a fazer pois os sistemas embebidos já implementados nos automóveis contemporâneos representam apenas uma quota-parte daquilo que estes veículos têm de processar. Protótipos já existem mas apenas no âmbito de concursos e, portanto, sem a ocorrência de perigos iminentes como acontece em situações reais de trânsito.

4. Descrição

Na figura 1 é apresentada a estrutura geral de um automóvel inteligente.

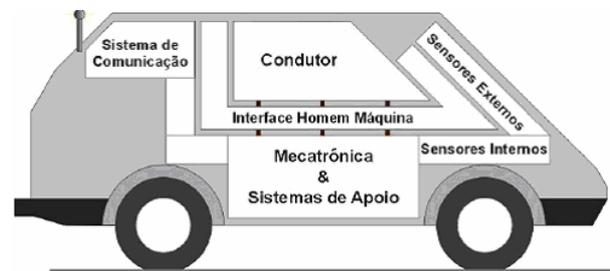


Figura 1: Estrutura de Automóvel Inteligente

4.1 Conceitos da tecnologia *drive-by-wire*

A tecnologia *drive-by-wire* representa uma nova era, na qual soluções mecânicas serão substituídas por soluções electromecânicas. A possibilidade de se dirigir um veículo a partir de sinais eléctricos permite o uso de computadores embebidos actuando como co-pilotos e ajudando o condutor em situações de emergência, ou na execução de tarefas, tais como estacionar um veículo.

A estrutura de um veículo inteligente com tecnologia *drive-by-wire* (figura 1) consiste numa unidade de controlo estruturada em diferentes níveis hierárquicos de controlo, que serão apresentados mais adiante. Destacam-se nesta unidade os sistemas electromecânicos embebidos, que consistem em todo o conjunto de controladores dos componentes electromecânicos embebidos, bem como os sistemas de apoio ao condutor, desenvolvidos a partir de soluções computacionais aplicadas.

Os sistemas electromecânicos e de apoio ao condutor baseiam-se em informações internas e externas ao veículo através de sensores específicos. Através destas informações pode-se identificar o estado em que o veículo se encontra e como são as condições do ambiente à sua volta. Além disso, um sistema de comunicação complementa a integração da estrutura de controlo como um todo, possibilitando a troca de informações entre o veículo e uma base de supervisão e comando remotos, bem como a comunicação entre veículos. Esta estrutura permite, por exemplo, a automatização de sistemas de transporte em ambientes controlados. Através do sistema de comunicação, os veículos podem ser informados a respeito das condições do trânsito, possibilitando, dessa forma, a optimização do tráfego.

A Interface Homem Máquina (IHM) entre o condutor e o veículo automatizado também merece estudos mais aprofundados. Através da tecnologia *drive-by-wire*, o carro pode ser guiado a partir de comandos electrónicos, não havendo, portanto, a necessidade da interface convencional de volante e pedais. IHMs, empregando *joysticks*, já foram testadas, mas não há, até o momento, estudos que indiquem qual a solução mais eficaz quanto à condução, conforto, ergonomia e segurança. Neste capítulo, a General Motors já possui alguns protótipos de veículos em que não existe uma ligação mecânica entre o volante, pedais, mudanças e o condutor, sendo estes controlados por sensores (*joystick*) e por actuadores (pequenos motores eléctricos). Um dos grandes problemas desta tecnologia é a fiabilidade dos sistemas.

4.2 Sistemas electromecânicos embebidos

Estes sistemas embebidos consistem nos conjuntos electromecânicos disponíveis num veículo, responsáveis por alguma função específica no funcionamento do veículo. Destacam-se o sistema de injeção de combustível, sistema de travagem e de posicionamento angular da barra de direcção. Cada um destes subsistemas é controlado por uma unidade electrónica, que comunica com as outras através de uma rede. No sector automóvel é comum o uso da rede CAN para tais aplicações.

Uma vez tendo o binário (aceleração ou desaceleração) de cada roda controlado, bem como o posicionamento do volante, pode-se partir para uma actuação sobre a dinâmica do veículo propriamente dita. Diversas soluções já se encontram disponíveis nos veículos actuais, destacando-se os seguintes sistemas:

- *Anti Blocking System* (ABS): Impede o bloqueio das rodas durante uma travagem, evitando que o veículo derrape. Em conjunto com o *Electronic Brake Distribution* (EBD), garante, através de uma distribuição da força de travagem em cada roda, uma

melhor estabilidade do veículo em manobras rápidas com o pedal de travão ainda accionado.

- *Braking-Assistant* (BAS): Em casos de colisão iminente, alguns condutores pisam bruscamente no pedal de travão, mas mantêm este fortemente pressionado apenas durante um curto espaço de tempo. O sistema “percebe” a intenção do condutor e amplifica a intensidade do travão de forma a garantir uma desaceleração máxima.
- *Electronic Stability Program* (ESP): Sistema electrónico que reconhece o deslizamento do veículo nas direcções longitudinal e transversal, como, por exemplo, o deslizamento lateral em curvas, e actua de forma orientada e independente sobre o travão de cada uma das rodas, evitando que o veículo rodopie.
- *Active Body Control* (ABC): Sistema que controla dinamicamente a carroçaria do veículo, evitando que a mesma se incline para frente ou para os lados, aumentando assim o conforto dos passageiros.
- *Torque Control System* (TCS): Sistema electrónico de controlo de tracção realizado por cada uma das rodas de tracção, que evita que a roda “patine”, garantindo, assim, a dinâmica do veículo em arranques e curvas.
- *Continuous Damping Control* (CDC): Sistema de suspensão adaptativa, que possibilita uma regulação contínua da constante de amortecimento do amortecedor. Possibilita ajustar, a partir de comandos electrónicos, a suspensão do veículo para uma condução confortável ou desportiva, conforme a vontade do condutor.
- *X-by-Wire*: Tecnologia que, aos poucos, vem substituindo os comandos mecânicos por sistemas electrónicos, como o acelerador electrónico (*Power-by-Wire*), já disponível em diversos veículos de série, bem como os sistemas *Brake-by-Wire*, *Shift-by-Wire* e *Steer-by-Wire*.

4.3 Instrumentação/Sensores

Na parte de detecção, há três grupos básicos de sensores: Reconhecimento de Rota, Sensores para Reconhecimento de Objectos e Obstáculos e Sensores de Navegação, que permitem que a rota traçada seja seguida com segurança.

Através dos sensores de objectos, como *scanner* a laser, ultra-som, radar e visão estereoscópica, diferentes obstáculos podem ser detectados, fazendo com que o veículo pare ou desvie, evitando assim colisões, que

representam o principal tipo de acidentes de trânsito com vítimas. Ter a redução dos acidentes nas estradas, com a consequente redução no número de vítimas como meta, mostra a importante contribuição que o desenvolvimento de tecnologias para a automação de veículos pode trazer para a sociedade, permitindo que os condutores possam fazer outras coisas, como por exemplo, ler o jornal enquanto se deslocam para os locais pretendidos. Os sensores de navegação, como bússola, GPS, giroscópio, acelerómetros e sensores de velocidade das rodas, garantem, por sua vez, que os sistemas electromecânicos existentes na base hierárquica da estrutura de controlo permitam que o veículo se desloque de forma segura e controlada, mantendo a sua estabilidade dinâmica e o cumprimento da trajectória previamente determinada.

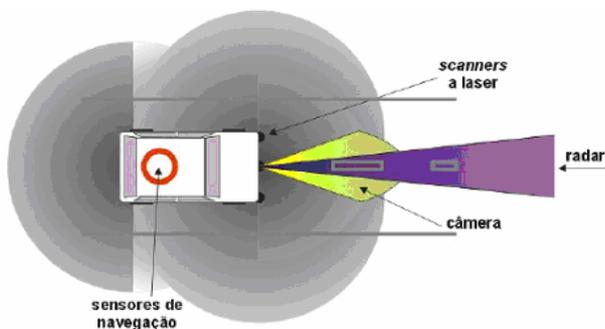


Figura 2: Interligação de sensores

As tecnologias para automação automóvel representam um conjunto complexo de sensores, transdutores, actuadores, controladores e sistemas de comunicação, que são necessários, em sua grande maioria, para a navegação autónoma de um veículo inteligente. Entretanto, algumas destas tecnologias, quando utilizadas isoladamente, também podem servir de base para o desenvolvimento de Sistemas de Apoio ao Condutor.

4.3.1 Sistemas de Apoio ao Condutor

Os Sistemas de Apoio ao Condutor podem ser divididos em duas grandes categorias: sistemas passivos e sistemas activos. No primeiro caso o sistema electrónico identifica determinados cenários e alerta o condutor, que toma as devidas providências ao volante. No caso dos sistemas activos, o “co-piloto electrónico” pode interferir ligeiramente na condução do veículo, auxiliando o condutor, mas nunca eliminando sua responsabilidade como condutor. Dentre os sistemas passivos destacam-se as seguintes aplicações:

- Auxílio a estacionar em lugar de estacionamento paralelo: este sistema, consiste numa câmara de vídeo instalada na parte traseira do veículo e as imagens são projectadas num *display* localizado no painel do

carro. Sobrepostas com as imagens da câmara são apresentadas linhas de referência, que auxiliam o condutor durante a manobra.

- Identificação de obstáculos em pontos cegos ao condutor: estes sistemas baseiam-se em informações obtidas a partir de imagens de câmaras de vídeo ou a partir de *scanners a laser* instalados na lateral do veículo. O sistema auxilia o condutor em manobras de ultrapassagem ou na realização de curvas com veículos longos, indicando-lhe a existência de algum veículo, ciclista ou pedestre na região do ângulo morto dos espelhos retrovisores.
- Aviso de abandono de pista: neste sistema uma câmara de vídeo é instalada no pára-brisas do veículo e, a partir da identificação das linhas da via, uma futura saída de pista pode ser identificada previamente e o condutor pode ser alertado. Em alguns veículos, ao contrário de uma câmara de vídeo, sensores de infravermelho são instalados no pára-choques frontal do veículo e, caso esse comece a cruzar a faixa, um alerta vibratório é accionado no assento do condutor.
- Sistema de navegação: com base em um mapa digital da região, e, com o auxílio do GPS, o sistema de navegação auxilia o condutor a planear o seu caminho até o destino indicando o mesmo durante a viagem.
- Sistema de comunicação entre veículos: a partir da evolução dos sistemas de comunicação e informação, sistemas inteligentes de comunicação entre vários veículos estão a ser desenvolvidos com o intuito de alertar de forma automática a ocorrência de algum acidente ou impedimento de tráfego. Integrado com o sistema de navegação, pretende-se que tal infraestrutura permita que os condutores possam viajar de forma cooperativa, bem como que ela ajude no controle de tráfego, minimizando a ocorrência de engarrafamentos e acidentes.

Nos sistemas activos para apoio ao condutor o “co-piloto electrónico” torna-se uma espécie de “anjo da guarda” do condutor, auxiliando-o em condições extremas. Tais sistemas não vão evitar a ocorrência de acidentes mas servem para minimizar as consequências destes. Outras aplicações de sistemas activos encontram-se na automatização de tarefas repetitivas, difíceis ou cansativas para o condutor. Destacam-se, actualmente, os seguintes sistemas:

- Travagem de emergência: o sistema, baseado em informações de radares ou *scanners a laser*, actua

sobre os travões alguns milissegundos antes de uma colisão iminente, minimizando a gravidade da colisão. Ao mesmo tempo um comando electrónico é enviado ao *airbag* e pré-inflama-o antes da colisão. O desafio para tal sistema está no reconhecimento da iminência da colisão, uma vez que o condutor não pode ser impedido ou prejudicado de realizar uma manobra evasiva.

- *Lane Keeping Assistance*: é um sistema que ajuda o condutor a manter o centro da via de uma estrada em viagens muito longas. Baseado na detecção de linhas de estrada, o computador de bordo gera parte do binário necessário para girar o volante do veículo e mantê-lo dentro da faixa. Assim, o “ajuste fino” do posicionamento do veículo passa a ser realizado pelo computador de bordo, deixando o condutor, desta forma, menos tenso e menos cansado ao final da viagem.
- *Adaptive Cruise Control (ACC)*: Representa uma evolução do tradicional *Cruise Control*, que mantém a velocidade do veículo constante num valor previamente determinado pelo condutor. A partir da informação gerada por sensores de distância instalados no pára-choques do veículo o sistema é capaz de ajustar o valor de referência da velocidade, adequando o deslocamento do veículo às condições de tráfego da estrada.
- Estacionamento semi-automático num lugar paralelo: a tarefa de manobrar o veículo também pode ser autónoma. Neste caso o veículo deve, a partir de sensores de distância instalados no carro, medir o comprimento do espaço. Uma vez accionado o sistema, este posicionará automaticamente o volante, garantindo uma entrada suave no lugar. Tendo em conta a minimização de acidentes com pedestres durante a manobra, o motorista fica responsável por acelerar e travar o veículo, ficando o sistema apenas responsável pelo posicionamento das rodas.

4.3.2 Aplicação a veículos de transportes

A este conjunto de sistemas pertencem os projectos que focam o desenvolvimento de soluções em sistemas de transporte integrados, que venham a funcionar de forma completamente autónoma, garantindo qualidade, eficiência, pontualidade e conforto. Destacam-se, neste conjunto, os seguintes exemplos:

- Manobra de veículos articulados: veículos articulados, como camiões ou tractores com reboque consistem, a partir de seu modelo matemático, em

sistemas dinâmicos instáveis ao serem manobrados em marcha à trás. A partir de dados vindos de sensores de navegação o sistema de apoio, similarmemente ao sistema de auxílio para estacionar em estacionamentos paralelos, pode posicionar o volante durante as manobras evitando, assim, que o atrelado se desvie da direcção desejada e poupando, também, o condutor de realizar frequentes manobras de paragem, retorno e recomeço, a fim de realinhar o reboque.

- Automação de sistemas de transporte colectivo sob condições controladas: equivalente ao caso anterior, um sistema equivalente pode ser implementado em pequenos autocarros, que possam integrar um sistema de transporte colectivo em regiões com ambiente controlado. Num caminho fechado, previamente definido, podem ser instalados cabos guia e *transponders*, que servirão como referência para o conjunto de sensores implementados no veículo. O seguimento do cabo guia, garante a referência de posição do veículo sobre a estrada, e os *transponders* servem para indicar pontos de veículo, bifurcações, áreas de travessia, etc.
- *Automated Highway Systems (AHS)*: originado no início da década de 1980 nos Estados Unidos, o estudo de sistemas auto-estradas inteligentes continua presente nos principais congressos da área. Destaca-se aqui o projecto *Program on Advanced Technology for the Highway (PATH)*, desenvolvido na Califórnia, onde uma parte das estradas foram implementadas para o tráfego de veículos inteligentes.

Até ao início do presente século as pesquisas focavam duas linhas de actuação distintas, uma focando tornar os veículos inteligentes, outra as estradas. Actualmente chegou-se a um consenso de que não somente os veículos, mas também as estradas devem dotar de “inteligência” para a realização de um sistema automatizado de transporte. Neste aspecto é de fundamental importância o desenvolvimento de sistemas de comunicação inter-veicular e veículo-estrada abrindo, desta forma, novas frentes de pesquisa em computação móvel.

4.4 Controlo Inteligente de Veículos Autónomos

A navegação autónoma de veículos inteligentes requer o trabalho conjunto de todos os componentes computacionais e electromecânicos embebidos. Chega-se, dessa forma, a um sistema de automação de veículos complexo, com diversos níveis hierárquicos de controlo, que será apresentado a seguir.

4.4.1 Hierarquia de controlo

A estrutura dos diversos controladores pode ser separada em diferentes níveis, apresentados na figura seguinte.



Figura 3: Estrutura dos diferentes níveis de controladores

A base do sistema de automação de veículos é composta por soluções de controlo de subsistemas electromecânicos, muitas delas invisíveis ao condutor, como por exemplo, os sistemas de controlo da injeção electrónica, da caixa automática e da direcção electricamente assistida. Logo acima, num segundo patamar, encontram-se as soluções de controlo que actuam na dinâmica do veículo, como travões ABS e sistemas ESP.

A condução do veículo, situada no meio da estrutura hierárquica de controlo, é realizada actualmente pelo condutor, mas esta função também pode vir a ser automatizada por completo. Actualmente, nos carros de gama alta, sistemas de controlo de velocidade *CC (Cruise Control)* eliminam a necessidade do condutor de se preocupar em manter a velocidade constante. Com a evolução deste sistema para o *ACC (Adaptive Cruise Control)*, onde sensores de distância são instalados na parte posterior do veículo, o computador de bordo também é capaz de adequar a velocidade conforme as condições do tráfego.

No topo da estrutura de controlo encontram-se as soluções computacionais aplicadas a sistemas embebidos. Destacam-se os sistemas de optimização de rota baseados em mapas digitais, que determinam como plano de viagem a melhor rota a ser seguida depois de fornecidos os pontos de partida e chegada. A rota também pode ser modificada dinamicamente ao longo da viagem, caso haja alguma obstrução no caminho original. Incluem-se aqui os sistemas baseados em Pesquisa Operacional e Inteligência Artificial, que podem indicar, conforme o surgimento de obstáculos fixos ou móveis, detectados por um sistema

integrado de sensores, para onde o condutor deve guiar o veículo.

Cada subsistema de controlo, dependendo de sua hierarquia na estrutura, pode ser classificado como uma solução electromecânica, mais próxima da base da estrutura, ou como um sistema de apoio ao condutor. Não há uma fronteira bem definida entre os dois grupos, uma vez que um é complementar ao outro.

4.4.2 Controlo dos Subsistemas Electromecânicos

O controlo do veículo deve ser separado, primeiramente, em duas partes, sendo a primeira responsável pelo controlo da velocidade e a segunda pelo controlo do desvio lateral.

O controlo da velocidade, para veículos dotados de motor à combustão, baseia-se na estrutura do sistema *ACC Stop & Go*. Este subsistema é dividido em dois ramos, um para acelerar e outro para travar o veículo. Cada ramo possui determinadas peculiaridades, que foram integradas no modelo matemático do veículo.

O plano da aceleração é composto pelo sistema de injeção, do motor de combustão interna acoplado à embraiagem e a dinâmica longitudinal do veículo. O sistema de injeção pode ser representado por um elemento de segunda ordem, enquanto que o motor e a embraiagem são representados, respectivamente, por um elemento proporcional com retardo temporal e um elemento não linear do tipo zona-morta. Embora o motor também possua uma curva característica não linear, apenas para efeito de projecto de controladores a simplificação aqui apresentada pode ser adoptada. A dinâmica longitudinal do veículo também pode ser simplificada por um elemento de retardo temporal. De forma a aumentar a dinâmica do sistema de controlo, um ramo extra, contendo a curva característica do motor, pode ser adicionado numa estrutura de *feed-forward*, que, por sua vez, também serve para aliviar o trabalho do controlador da malha fechada garantindo, assim, uma resposta mais rápida do sistema como um todo.

A planta do ramo de travagem é composta por um actuador electromecânico com controlo indirecto de binário, os componentes mecânicos do sistema de travões e a curva característica de travagem do veículo.

Dentre as diferentes estruturas de controladores empregues para o controlo lateral do veículo destacam-se soluções envolvendo controladores clássicos da família PID, bem como estruturas de controlo em cascata ou controle não linear. Tendo em vista a influência do valor da velocidade no comportamento dinâmico do veículo, faz-se necessariamente, para situações onde a velocidade varia muito, a utilização de controladores adaptativos ou outras técnicas de controlo moderno. Da mesma forma, sistemas baseados em Inteligência Artificial também podem ser utilizados para garantir melhores condições de

funcionamento e desempenho do veículo. Para o controlo de veículos em comboio é importante garantir-se a distância constante entre os veículos. Desta forma, faz-se necessária a utilização de um controlador extra, colocado em cascata com o controlador de velocidade.

A distância entre os veículos pode ser obtida, por exemplo, a partir da detecção de marcações com codificação de cor colocadas no carro da frente, esta informação de distância é, então, enviada ao controlador. Este, por sua vez, envia ao controlador de velocidade a informação de acréscimo ou decréscimo de seu valor de referência. Da mesma forma, o sistema de visão computacional adoptado também permite a detecção do deslocamento lateral entre os veículos. Esta informação é, posteriormente, enviada aos controladores de distância lateral, que garantirão o alinhamento dos veículos no comboio.

4.4.3 Arquiteturas Computacionais

O desenvolvimento de um sistema de controlo de um veículo autónomo é uma tarefa bastante complexa. Esta tarefa envolve inicialmente o projecto e implementação das camadas inferiores da pirâmide de controlo (interface com o hardware e dispositivos electromecânicos), e posteriormente a implementação de um sistema computacional que irá controlar os diversos componentes e módulos deste sistema. Um sistema computacional de controlo pode envolver tarefas mais simples, que podem ser geridas apenas por PLCs (Controladores Lógicos Programáveis). Entretanto, sistemas mais complexos, planeados para controlar a execução de tarefas mais complexas (estacionar um carro, conduzir de modo autónomo), requerem uma arquitectura computacional de controlo bem mais sofisticada. As tarefas desta arquitectura de controlo podem envolver:

- Capacidade para ler e interpretar os sinais recebidos dos sensores do veículo;
- Capacidade de evitar obstáculos presentes no caminho do veículo;
- Capacidade para reagir a eventos, inclusive eventos inesperados, como a aparecimento imprevisto de obstáculos móveis;
- Capacidade de planeamento de trajectórias e de execução de tarefas, como por exemplo, definição de rotas de um ponto A até um ponto B, tendo conhecimento, ou não, de um mapa do ambiente;
- Capacidade de controlar os diversos componentes do sistema, de modo a gerar os comandos na ordem adequada e com os parâmetros correctos, a fim de que a tarefa que foi planeada possa ser executada;

- Em alguns tipos de sistemas de controlo, ainda podem ser necessárias as seguintes funcionalidades:
 - Garantir a manutenção da localização do veículo (manter correctamente identificada a sua posição e orientação em relação ao ambiente em que está inserido);
 - Realizar um mapeamento do ambiente, memorizando o mapa do ambiente que representa os caminhos percorridos;
 - Aprender sobre o ambiente e como interagir com o mesmo, adaptando-se à medida que os novos conhecimentos são adquiridos;
 - Comunicar, interagir e até mesmo cooperar com outros dispositivos computacionais.
 - Por fim, alguns sistemas podem até mesmo requerer que o sistema de controlo implemente técnicas de detecção e tolerância à falha, de modo a identificar e compensar defeitos localizados nos seus componentes.

O sistema computacional de controlo deve, portanto, executar tarefas como: preservar a integridade do veículo, preservar a integridade dos objectos e seres presentes no ambiente onde o veículo actua, planear/executar/encontrar soluções para a execução de tarefas, e em alguns casos deve inclusive interagir com outros sistemas. As características dos sistemas de controlo remete-nos ao estudo de técnicas que vêm sendo abordadas no domínio da Inteligência Artificial (I.A.), e principalmente no que diz respeito a técnicas de controlo do “agentes artificiais autónomos” e “sistemas multi-agentes”.

Uma série de técnicas e conceitos, relacionados com a robótica autónoma, têm sido reaproveitados na implementação de sistemas de I.A. baseados em agentes, e vice-versa.

4.5. Visão Computacional Aplicada a Veículos Autónomos e Sistemas de Apoio ao condutor

Um grande problema da actualidade refere-se ao grande número de acidentes de trânsito. O desenvolvimento de sistemas para auxiliar o condutor e informá-lo sobre as condições da estrada pode contribuir significativamente para a diminuição do número de acidentes.

Nesta secção, será abordada a aplicação de técnicas de visão computacional em sistemas de apoio ao condutor e navegação autónoma. Serão focadas aplicações que estão a ser desenvolvidas para veículos inteligentes comerciais,

mas os conceitos abordados podem ser estendidos para a navegação de robôs móveis em geral. Embora câmaras estacionárias (fixadas em lugares estratégicos fora do veículo) também sejam utilizadas em sistemas de monitoramento de tráfego e sistemas de apoio ao condutor câmara e/ou outros sensores embebidos no veículo. Para o monitoramento da estrada, pode ser utilizada visão monocular, através de uma câmara instalada no interior do veículo e alinhada com seu eixo central, ou visão estéreo, através de duas câmaras posicionadas nas laterais do veículo. A visão estéreo proporciona uma maior quantidade de informação, pois introduz a noção de profundidade; entretanto, a sincronia das câmaras introduz um problema adicional (e custo computacional extra). Outra questão a ser analisada refere-se à utilização de câmaras coloridas ou monocromáticas: imagens coloridas contêm mais informação do que imagens em tons de cinza, mas o seu processamento é mais demorado.

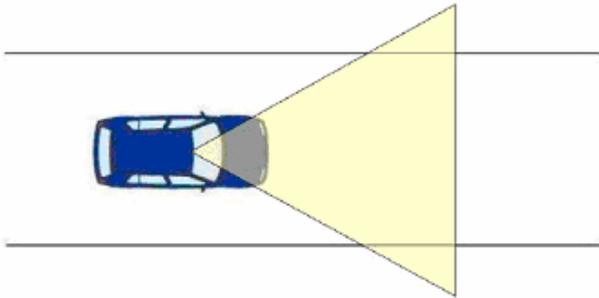


Figura 4: Veículo equipado com visão monocular

Na análise das sequências de vídeo obtidas a partir de câmaras embebidos, há uma série de factores que podem ser complicados; falhas na pintura, sombras, posição solar (a orientação solar pode causar saturação na imagem capturada pela câmara ou provocar reflexos especulares) e as condições climáticas.

A seguir serão detalhados os problemas de detecção de saída de estrada, detecção de obstáculos, detecção e reconhecimento de sinais de trânsito e navegação autónoma.

Actualmente, alguns veículos comerciais já incorporam sistemas de detecção de saída da faixa de rodagem. Por exemplo, o Citroën C5 possui sensores infra-vermelhos na parte lateral inferior dos pára-choques, que informam ao condutor se o veículo está a ultrapassar uma marcação da via (o assento do condutor vibra). Esse sistema é relativamente simples, e alerta o condutor quando ele já está efectivamente a cruzar a marcação da estrada (ou seja, o sistema não é capaz de antecipar o cruzamento).

4.5.1 Detecção de obstáculos

Um tipo frequente de acidentes de trânsito é a colisão entre veículos e atropelamentos (ou seja, colisão de

veículos com pedestres). Dessa forma, sistemas de rastreamento de objectos podem ser utilizados para detectar objectos em possível rota de colisão com o veículo, alertando o condutor. Embora algumas técnicas tratem do problema de detecção de obstáculos de forma genérica, grande parte dos autores foca na detecção e rastreamento de objectos específicos (em geral, outros veículos ou pedestres), levando em consideração características geométricas particulares do objecto de interesse. Um exemplo de detecção de obstáculos pode ser observado na figura 5, que se refere ao projecto europeu Prometheus. Também é de salientar que na navegação autónoma de automóveis em ambientes não estruturados, caracteriza-se como obstáculo qualquer objecto que possa atrapalhar o movimento do veículo.



Figura 5: Exemplo de detecção de obstáculos

Entre as abordagens mais populares para a detecção de obstáculos, podem ser citadas:

- Análise de imagens estáticas: normalmente possibilitam um processamento rápido, e independente do movimento do veículo; por outro lado, não exploram a continuidade temporal no movimento do obstáculo;
- Fluxo óptico: permite a detecção de obstáculos genéricos e o cálculo de velocidades relativas, mas normalmente têm um custo computacional alto e são sensíveis a movimentos do veículo e calibragem de câmara.
- Visão estéreo: introduz a noção de profundidade, permitindo a reconstrução de objectos 3D; apresentam um custo computacional complexo e são sensíveis a parâmetros da câmara.
- Reconhecimento de objectos por forma: o conhecimento *a priori* da forma dos objectos a serem detectados geralmente acarreta em detecções mais robustas, com poucos falsos positivos; por outro lado, técnicas baseadas em modelos são pouco genéricas.

Além disso, outros sensores como radar e laser podem ser combinados com a informação visual, com a vantagem de proverem informação sobre a distância dos objectos detectados. Por outro lado, a introdução de outros sensores tem um custo financeiro associado (o valor de um sensor a laser custa dezenas de milhares de euros), além da dificuldade e custo computacional para realizar a

interligação de dados. Existem sistemas que procuram padrões específicos na imagem (como forma e simetria) para detecção de obstáculos. A informação dos limites da estrada não é utilizada para reduzir o espaço de busca, acarretando um custo computacional elevado.

4.5.2 Detecção e Reconhecimento de Sinais de Trânsito

Outra característica desejável para sistemas de apoio ao condutor é a inclusão de técnicas de detecção e reconhecimento de sinais de trânsito. Dessa forma, as placas de trânsito seriam monitorizadas continuamente e o condutor seria informado sobre as condições da estrada mais à frente (velocidade máxima permitida, curva acentuada, sinal de STOP, etc.). Para a implementação de tal característica, dois passos são necessários:

1. Detecção: nesta etapa, os sinais de trânsito são segmentados e isolados do fundo da imagem;
2. Reconhecimento: os sinais de trânsito previamente segmentados são reconhecidos, normalmente através de uma busca num banco de dados existente.

No contexto de detecção de sinais de trânsito, a informação cromática tem um papel fundamental, a sinalização pode ser dividida em cinco classes: sinais de perigo, de regulamentação, de indicação, sinalização turístico-cultural e símbolos. Em geral, essas placas possuem cor, geometria e tamanhos específicos.

De uma certa forma, o problema de detecção de sinais de trânsito pode ser encarado como um caso particular do problema de detecção de obstáculos, cuja região de busca é geralmente uma vizinhança nas laterais da estrada. Embora o conhecimento *a priori* da cor e da geometria dos sinais de trânsito facilite os processos de detecção e reconhecimento, os seguintes factores que complicam a detecção são encontrados no quotidiano:

- Diferenças de iluminação devidas à posição solar e/ou sombras devem ser levadas em consideração na análise cromática das imagens;
- Diferenças no ângulo de visão e distância entre a câmara e a placa de trânsito mudam a geometria e a escala esperada da placa na imagem projectada.

Existe uma técnica rápida para detecção e reconhecimento de sinais de trânsito (em particular, para sinais de limite de velocidade), através da simetria radial das placas (através de um detector rápido de simetria) para a segmentação das placas em tons de cinza, e utilizam a correlação cruzada normalizada (NCC) em cada canal cromático na fase de reconhecimento. Embora essa técnica seja de facto rápida, ela é bastante limitada, pois assume o formato circular para placas de trânsito.

4.5.3 Navegação Visual

A navegação visual é um processo que permite controlar o deslocamento de um veículo autónomo baseando-se principalmente num conjunto de imagens de referência capturadas previamente do caminho a ser percorrido.

Estes sistemas usualmente adquirem imagens de uma única câmara monocromática, mas podem também ser adaptados para usar visão estéreo, câmaras omnidireccionais e câmaras com aquisição de imagens coloridas. O objectivo destes sistemas é imitar um comportamento típico dos seres humanos: uma pessoa é capaz de ser conduzida por um caminho, armazenar na sua memória o caminho percorrido, e num momento posterior, realizar de modo autónomo novamente este mesmo caminho, baseando-se nas suas lembranças da paisagem e de alguns pontos de referências memorizados.

Os sistemas de navegação visual usualmente são compostos por uma base de imagens, ou seja, uma sequência de imagens capturadas em intervalos regulares, que descreve o caminho a ser percorrido. Esta sequência pode ser memorizada, incluindo a associação de acções a serem realizadas quando uma certa posição for alcançada (por exemplo, avançar x metros em frente, girar θ graus à esquerda). Esta sequência é a “memória do caminho” que o robô possui. O processo de navegação inicia-se pela captura de uma imagem a partir da câmara do robô, identificando a seguir qual imagem na base de imagens é a mais similar à imagem capturada, ou então, pode também ser considerada uma imagem inicial como sendo o ponto de partida. A partir da comparação entre a imagem capturada pelo robô e a imagem actual, o robô determina o comando a ser executado. Após os ajustes de posição/orientação serem realizados, o robô executa o comando associado à imagem de referência actual, ou simplesmente continua avançando. À medida que o robô alcança o alvo, a imagem actual é trocada pela imagem seguinte da base de imagens e todo o processo se repete. Normalmente a comparação entre imagem capturada pelo robô e imagem actual da base de imagens é feita usando técnicas como a correlação cruzada normalizada.

Esta técnica tem vindo a ser aperfeiçoada e mais recentemente foram propostas melhorias de modo a usar sistemas de visão omnidireccional, o que garante uma quantidade adicional de informações e de referências sobre a posição actual do robô, assim como permite que o caminho possa ser navegado nos dois sentidos, ida e volta, usando apenas uma única sequência de imagens.

4.6 Aplicações Práticas: Veículos Autónomos

Dentro dos projectos universitários de destaque encontram-se os protótipos desenvolvidos por universidades norte-americanas, que participaram do

Grand DARPA Challenge 2004 – Autonomous Ground Vehicles, patrocinado pelas forças armadas daquele país. A tarefa consiste em realizar um percurso de 300 km de forma completamente autónoma utilizando um veículo terrestre.



Figura 6: *Grand DARPA Challenge 2004*

No ano de 2007, os desafios foram cada vez maiores: além de autónomos, as tecnologias desenvolvidas têm de ser capazes de movimentar o veículo num ambiente urbano, ou mesmo em cenários de guerra, com diversas provas pela frente. Várias equipas universitárias, e não só, participaram com veículos convencionais, mas completamente munidos com as tecnologias mais recentes em sensores de imagem, laser, giroscópios, GPS, sonares, etc.



Figura 7: *Grand DARPA Challenge 2007*

O fabricante de automóveis, BMW está a desenvolver, através do seu grupo de pesquisas, uma série de dispositivos inovadores que facilitarão a vida dos condutores, proporcionando conforto e tranquilidade ao conduzir e principalmente aumentando a segurança no trânsito: o Projecto *Connected Drive*. Neste projecto de comunicação entre veículos o computador de bordo pode, dentre as diversas funções, solicitar através da Internet a reserva de um lugar de estacionamento numa garagem, ligar/desligar qualquer aparelho na casa do usuário, caso esta também esteja automatizada, e até mesmo posicionar o volante do veículo em manobras de estacionamento em estacionamentos paralelos, como indicado na figura 8.

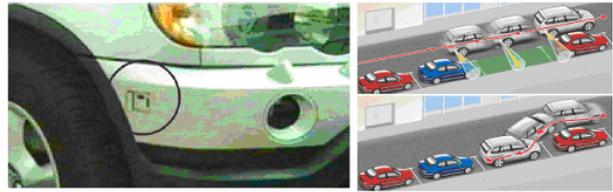


Figura 8: Sistema *Connected Drive* da BMW

No sector de cargas o primeiro foco de veículos autónomos encontra-se na automatização dos veículos de carga e descarga. Destacam-se aqui os projectos desenvolvidos pelas empresas alemãs FOX GmbH e Goetting KG. Como exemplos, ilustrados na figura 8, destacam-se retroescavadoras e empilhadores portáteis, que podem ser transportados sob cabine de um camião e que minimizam o tempo de carga e descarga, bem como o uso extensivo de mão-de-obra para esta função.



Figura 9: Veículos de carga e descargas automatizados

No sector de transporte de cargas, a empresa alemã Daimler-Chrysler destaca-se como líder no investimento de sistemas de apoio ao condutor. Como exemplo pode ser citado o projecto *Promote-Chauffeur*, a partir do qual camiões foram dotados com sistemas de alerta de saída de estrada baseados em visão computacional, bem como de sistemas anti-colisão. Os camiões também podem viajar em comboios autónomos, onde apenas um condutor é necessário no camião da frente. Com base nesta tecnologia o transporte de cargas pode ser realizado de forma mais eficiente, uma vez que, enquanto um motorista descansa, o outro conduz o “comboio”, não sendo necessários, portanto, dois condutores para cada camião ou paragens longas para descanso do condutor.



Figura 10: *Promote-Chauffeur* – Camiões em comboio

Um dos projectos de grandes proporções na área de automação automóvel foi realizado na Alemanha pela empresa Volkswagen em parceria com alguns fornecedores e com pesquisadores da *Technische*

Universität Braunschweig. Neste trabalho um veículo de testes foi automatizado com inúmeros sensores de diferentes tipos e, como actuador, foi construído um robô condutor, que se encontra ao volante no lugar do condutor, como mostra a figura 11. Este robô substitui pilotos de prova que testam veículos em condições extremas, para ensaios de durabilidade e resistência, nas pistas de teste da empresa.



Figura 11: *Autonomes Fahren* (Volkswagen) – robô condutor

4.6 Caixa negra nos automóveis

A ideia não é nova a nível mundial mas a União Europeia está a desenvolver novamente pressão juntos dos fabricantes para a colocação de série de uma caixa negra para análise de acidentes rodoviários.

Desde 1996 que elementos da *National Highway Traffic Safety Administration* dos Estados Unidos (NHTSA) têm contacto com grandes construtores de automóveis como a Ford ou a General Motors para a introdução de caixas *Event Data Recorder* (EDR – caixas negras) com funcionamento semelhante ao que as companhias aéreas utilizam nos aviões.



Figura 12: Caixa negra

As questões relacionadas com os direitos de privacidade dos automobilistas têm sido apontadas como o principal motivo de impedimento para o avanço da colocação de série de caixas EDR nos carros. A União Europeia promete não desistir da ideia

defendendo que um maior conhecimento das causas dos acidentes pode contribuir para prevenir acidentes compreendendo a razão pela qual o veículo reage de determinada forma antes do impacto.

Segundo os responsáveis europeus a caixa negra deveria transmitir às autoridades informações como a velocidade cinco segundos antes do acidente, a rotação do motor, o estado dos travões, a posição do volante, se o cinto de segurança estava colocado ou não, e mais uma série de informações relacionadas com o estado da viatura nos momentos que antecederam o acidente.

Abel Correia e Cristóvão Oliveira, finalistas do curso de Engenharia Electrotécnica da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Leiria (ESTG), estão a desenvolver uma caixa negra para veículos, que poderá vir a ser obrigatória a partir de 2010.

O dispositivo, de pequenas dimensões e adaptável a qualquer viatura, regista todos os dados até cem segundos antes e depois da colisão decorrente de um acidente, disponibilizando-os, depois, às autoridades. A *Black Box*, assim se designa o aparelho, pode detectar até 37 parâmetros. A velocidade ou acelerações, através de sensores instalados no carro, são apenas dois.

A dupla de alunos está a trabalhar no protótipo desde Outubro de 2006, no âmbito do projecto de final de curso. A par da caixa, desenvolveram ainda o programa informático que descodifica os gráficos registados no momento do sinistro. Ambos dizem que gostariam de continuar a trabalhar no projecto, mas neste momento a segunda fase – que passa por instalar GPS e GSM – está em *stand by*.

Caso se concretize, a *Black Box* enviará, em caso de acidente, uma mensagem ao Instituto Nacional de Emergência Médica com todas as coordenadas do local do sinistro.

Em caso de roubo, o GPS será um precioso auxiliar da polícia na localização do veículo. Agora os dois finalistas estão a realizar aperfeiçoamentos no protótipo, tornando-o resistente ao calor e à água. Este projecto é o resultado de uma parceria entre a DEKRA, empresa que reconstitui acidentes, e a ESTG.

4.7 Carro inteligente economiza combustível

Estudos mostram que carros que prevêem trânsito têm o mesmo consumo que os automóveis híbridos. Dados podem ajudar na discussão sobre fontes alternativas e emissão de carbono. Os chamados carros inteligentes, equipados com sensores para prever o fluxo do tráfego, podem ter a mesma eficiência de consumo de combustível que os carros híbridos – movidos a electricidade e combustível fóssil, recursos que são empregues em estados diferentes de funcionamento possibilitando, assim, menores gastos de combustível. Os

dados são de um estudo de engenheiros da Universidade de Melbourne, na Austrália.

Os carros inteligentes são veículos convencionais equipados com telemática, sensores e receptores que trabalham em rede, trocando informações sobre o tráfego para acelerar ou diminuir a velocidade do automóvel. Deste modo, a viagem é suave e evita variações excessivas da velocidade, que consome muito combustível. A tecnologia para telemática de trânsito já existe, mas por questões de segurança só é aplicada numa pequena série de testes.

Para fazer a comparação, eles usaram como referência um veículo *sedan* convencional e três diferentes ciclos de funcionamento, configurados para os estilos de vida urbanos australiano, americano e europeu. A versão híbrida do carro representaria uma economia de combustível de 15 a 25% em relação ao convencional – economia equiparada quando o veículo foi equipado com telemática básica para prever o fluxo de tráfego num tempo mínimo de sete segundos à frente, conforme determina o ciclo de trânsito australiano.

Segundo os ciclos europeu e americano, o emparelhamento deste carro com o nível de economia de combustível do modelo híbrido foi alcançado com uma antecipação de previsibilidade de menos de 60 segundos. Se esta chegar a 180 segundos, o carro inteligente seria 33% mais económico do que o modelo convencional. Nos seus cálculos, os autores do estudo incluíram factores como a presença de carros "não inteligentes" na estrada, que impediriam a eficiência desta tecnologia. Segundo os cientistas, os números são uma contribuição útil para o debate público sobre a economia de combustível, que também é uma questão chave na luta contra as emissões de gases poluentes.

5. Conclusões

O texto apresentado contribuiu para o esclarecimento do conceito veículo inteligente.

Sob pena de repetição, é inevitável voltar a recordar as várias tecnologias encontradas que podem caracterizar este conceito. Um automóvel inteligente não se define apenas por ser conduzido autonomamente mas também por ter certas capacidades que ajudam o utilizador na sua viagem. Existem sistemas que apoiam o condutor nas suas manobras e preservam a sua segurança; as tecnologias E-call e caixa negra ainda não estando implementadas no mercado irão assegurar uma melhor assistência à vítima em caso de acidente; o envio da informação sobre o estado do trânsito para o sistema automóvel contribuirá para uma maior economização de combustível e um maior fluído no tráfego automóvel.

Prevê-se que, em 2030, com os avanços tecnológicos na área das TIC que se espera, consiga-se produzir

comercialmente veículos autónomos ou pilotos automáticos que, por exemplo, auxiliarão pessoas deficitárias.

Não se pode, no entanto, prever se os veículos serão, no futuro, completamente autónomos. Diferentes directrizes, que seguem em direcções opostas, devem ser discutidas e estabelecidas pela sociedade. Se, por um lado, a directriz básica for a segurança total nas estradas, então o factor humano deve ser minimizado e os veículos deverão seguir de forma autónoma os seus trajectos. Por outro lado, esta decisão elimina a liberdade individual de conduzir e sentir prazer nisso, uma vez que o condutor não tomaria mais as decisões conforme sua vontade, necessitando apenas indicar ao computador o destino da viagem. Este conflito de directrizes já pode ser notado ao serem comparados os condutores de várias sociedades. Enquanto uns preferem veículos com caixas automáticas, outros preferem mudanças manuais, pois gostam de ter total "domínio" sobre a viatura. Da mesma forma, a sociedade deverá definir qual o factor mais importante num sistema de transporte: capacidade de transporte ou conforto individual. Com base nas actuais condições de trânsito das grandes cidades fica evidente a necessidade de um sistema efectivo de transporte em massa. O principal factor que vai na direcção contrária desta directriz é a liberdade individual de poder ir a qualquer lugar e a qualquer hora de forma extremamente confortável. Mas, por outro lado, as ruas e avenidas das grandes cidades não suportarão mais um aumento expressivo no número de veículos, o que faz a decisão recair na directriz de aumento da capacidade de transporte. Tal sistema integrado de transporte irá requerer conceitos diferentes das estruturas existentes nos dias de hoje, devendo possuir alta flexibilidade de horário além de proporcionar conforto aos passageiros.

A evolução dos sistemas de automação automóvel vem causando um aumento significativo na complexidade dos veículos que, dependendo do modelo, já contam com um grande número de motores eléctricos de todos os tamanhos, controlados através de circuitos envolvendo microelectrónica e electrónica de potência, diversos e diferentes sistemas de rede de computadores, elevado número de microcontroladores e sensores, entre outros sistemas. Esta tendência na automação de veículos necessitará de profissionais com conhecimentos em diferentes áreas além das engenharias mecânica e de produção, como engenharia electrotécnica com amplo conhecimento em microelectrónica, electrónica de potência, automação, sistemas de comunicação, redes de computadores, instrumentação e controlo, bem como uma excelente base de informática, imprescindível para implementação dos algoritmos dos sistemas de apoio ao condutor, baseados em Inteligência Artificial, além da interligação de todos os sistemas do veículo. Os projectos tendem a serem realizados cada vez mais por equipas

multidisciplinares, que deverão trabalhar em grupo desde o início do desenvolvimento dos sistemas.

<http://www.roadandtravel.com/automotive/safetysecurity/2006/blackbox.aspx>

<http://www.darpa.mil/grandchallenge>

6. Referências

<http://pt.wikipedia.org/wiki/>

http://cmm.ensmp.fr/~beucher/prom_sta.html

<http://www.cis.upenn.edu/~kostas/omni.html>

<http://www.et2.tu-harburg.de/fleetnet/>

<http://www.foxit.de>

<http://inf.unisinos.br/~osorio/alunos/mestrado/mestrado-farlei-heinen.pdf>

<http://www.aglaiagmbh.de/english/start.html>

<http://ciberia.aeiou.pt/gen.pl?p=stories&op=view&fokey=id.stories/6379>

<http://ciberia.aeiou.pt/gen.pl?p=stories&op=view&fokey=id.stories/782>

<http://www.portugaldiario.iol.pt/noticia.php?id=527403>

http://paginas.fe.up.pt/~lpreis/robo2005_06/docs/Intro_robotica.pdf