



**FACULDADE FARIAS BRITO  
CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

Renan Costa Sousa

**COMPUTAÇÃO DE BORDO: UMA COMPARAÇÃO ENTRE AS ABORDAGENS DE  
MERCADO E AMADORAS**

Fortaleza, 2009



**Renan Costa Sousa**

**COMPUTAÇÃO DE BORDO: UMA COMPARAÇÃO ENTRE AS ABORDAGENS DE  
MERCADO E AMADORAS**

Monografia apresentada para obtenção dos créditos da disciplina Trabalho de Conclusão do Curso da Faculdade Farias Brito, como parte das exigências para graduação no Curso de Ciência da Computação.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Wietske Ineke Meyering

Fortaleza, 2009

**Computação de Bordo: Uma Comparação Entre As Abordagens de Mercado e Amadoras**

Renan Costa Sousa

**NOTA:** FINAL (0 – 10): \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA:

---

Profa. Wietske Ineke Meyering, Dra.

---

Prof. Ricardo Wagner Cavalcante Brito

---

Prof. José Helano Matos Nogueira

## RESUMO

Os componentes eletrônicos de veículos automotores se tornam mais numerosos e complexos a cada ano. Os sistemas embarcados de veículos de luxo atuais possuem centenas de funcionalidades eletrônicas com as quais o usuário pode interagir. O aumento da demanda por sistemas computadorizados em veículos automotores ocorre porque esses aparelhos conferem melhorias aos carros. Dispositivos e partes eletrônicas conferem maior conforto, segurança e desempenho, além de permitir interações com o veículo que não eram possíveis há 15 anos atrás. A filosofia *Do It Yourself*, quando aplicada a sistemas computadorizados de bordo, sugere que é possível para o entusiasta montar computadores veiculares distintos dos oferecidos no mercado, personalizados e adequados aos gostos e necessidades dos projetistas. Tais sistemas seriam comparáveis aos produtos prontos de mercado, sendo de qualidade igual ou superior a dos sistemas embarcados. O objetivo deste trabalho é construir um sistema próprio de computação de bordo e compará-lo aos sistemas existentes no mercado.



## **AGRADECIMENTOS**

À minha família, pelo apoio e participação no projeto. Em especial a meu pai, que não só foi responsável por vários aspectos do design, como também resgatou o carro utilizado no protótipo dos mais diversos acidentes de percurso.

À minha orientadora, Professora Doutora Wietske Meyering, por aceitar a idéia do projeto e garantir que ele fosse até o fim, mesmo com todas as dificuldades e bloqueios de escritor que tive.

Ao Régis, pelas idéias contribuídas para o projeto. Até mesmo pelas impraticáveis ou avançadas demais para o nosso tempo. Algumas serão levadas para o mestrado.

Ao pessoal da R.B. Autocenter, Ricardo, Thiago e Breno, pelos consertos, idéias e pela instalação elétrica. E à Karine, que mesmo após sair da equipe da R.B. continuou ajudando, com seu conhecimento sobre acessórios eletrônicos automotivos para os mais diversos fins.

À Renata e ao Ian, que contribuíram de forma especial com o aspecto de entretenimento coberto por este trabalho, e ao Thiago Pinheiro, que contribuiu com doses de bom senso.

À professora Fani Carvalho e sua família, pelo encorajamento, e ao professor Jorge Albuquerque, pelo exemplo.

## Sumário

|  |           |
|--|-----------|
| <b>LISTA DE ABREVIATURAS .....</b>                     | <b>10</b> |
| <b>GLOSSÁRIO .....</b>                                 | <b>11</b> |
| <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                | <b>13</b> |
| DA MOTIVAÇÃO.....                                      | 14        |
| DOS OBJETIVOS .....                                    | 14        |
| DA ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....                        | 15        |
| <b>1. HISTÓRIA DA COMPUTAÇÃO AUTOMOBILÍSTICA .....</b> | <b>16</b> |
| <b>2. MERCADO ATUAL .....</b>                          | <b>20</b> |
| 2.1 SEGURANÇA .....                                    | 21        |
| 2.2 AUXÍLIO À NAVEGAÇÃO.....                           | 22        |
| 2.3 CONECTIVIDADE.....                                 | 23        |
| 2.4 ENTRETENIMENTO.....                                | 23        |
| <b>3. ESTADO DA ARTE.....</b>                          | <b>24</b> |
| <b>4. ENGENHARIA.....</b>                              | <b>26</b> |
| <b>5. APLICAÇÕES .....</b>                             | <b>33</b> |
| 5.1 SEGURANÇA .....                                    | 33        |
| 5.2 AUXÍLIO À NAVEGAÇÃO.....                           | 36        |

|           |                               |           |
|-----------|-------------------------------|-----------|
| 5.3       | ENTRETENIMENTO.....           | 40        |
| 5.4       | CONECTIVIDADE.....            | 42        |
| <b>6.</b> | <b>ESTUDO DE CASO .....</b>   | <b>44</b> |
| <b>7.</b> | <b>RESULTADOS .....</b>       | <b>46</b> |
| 7.1       | SEGURANÇA .....               | 46        |
| 7.2       | AUXÍLIO A NAVEGAÇÃO.....      | 47        |
| 7.3       | ENTRETENIMENTO.....           | 48        |
| 7.4       | CONECTIVIDADE.....            | 51        |
| <b>8.</b> | <b>CONCLUSÕES .....</b>       | <b>53</b> |
| 8.1       | AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS..... | 54        |
| 8.2       | TRABALHOS FUTUROS.....        | 54        |
| <b>9.</b> | <b>BIBLIOGRAFIA.....</b>      | <b>55</b> |

## Lista de Figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: Esquema elétrico de um Datsun 280z, ano modelo 1977, da Nissan, destacando a unidade de injeção eletrônica (NISSAN MOTOR CO., LTD, 1977).....         | 17 |
| Figura 2: Esquema de pinos de um conector serial - OBD.....   | 19 |
| Figura 3: Sistema de hardware do Spot durante montagem inicial. ....  | 27 |
| Figura 4: Spot montado em um carro, sob o assento do motorista. ....  | 27 |
| Figura 5: Monitor e hub USB no painel do carro. ....  | 29 |
| Figura 6: Peça para fixação de dispositivos no painel, antes de receber camada de velcro. ....  | 29 |
| Figura 7: Conexões traseiras do Spot. ....  | 31 |
| Figura 8: Teclado sem fio sendo operado. ....   | 32 |
| Figura 9: Vários aparelhos GPS em um carro (AUTOESPORTE, 2009). ....  | 37 |
| Figura 10: Dispositivo iGPS Pharos BT, acoplado a um transmissor Bluetooth e fixado por um porta-celular (ao lado de uma moeda para referência de tamanho)..... | 39 |
| Figura 11: Rádio automotivo no Datsun 280Z (NISSAN MOTOR CO., LTD, 1977). ....  | 41 |
| Figura 12: Navegador em um BMW (BUSINESS INTELLIGENCE MIDDLE EAST, 2009). ....  | 43 |
| Figura 13: Passageira utilizando sistema de videogame e controle de Playstation 3 no carro. ....  | 51 |



## **Lista de Tabelas**

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 - Comparativo entre Características de Segurança de Sistemas de Computadores de Bordo .....           | 47 |
| Tabela 2 – Comparativo entre Características de Auxílio a Navegação de Sistemas de Computadores de Bordo ..... | 48 |
| Tabela 3 – Comparativo entre Características de Entretenimento de Sistemas de Computadores de Bordo .....      | 50 |
| Tabela 4 - Comparativo entre Características de Conectividade de Sistemas de Computadores de Bordo.....        | 52 |

## LISTA DE ABREVIATURAS

ACU – *Airbag Control Unit* (“unidade de controle do airbag”)

CAD – *Computer Aided Design* (“design auxiliado por computador”)

CAN – *Controller Area Network* (“rede de área de controladores”)

CARB - *California Air Resources Board* (“painel para recursos aéreos da Califórnia”)

DIY – *Do It Yourself* (“faça você mesmo”)

DVD – *Digital Video Disc* (“disco de vídeo digital”)

ECU – *Engine Control Unit* (“unidade de controle do motor”)

GPS – *Global Positioning System* (“sistema de posicionamento global”)

IEEE – Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos

ISO – *International Standards Organization* (“organização de padrões internacionais”)

LIDAR – *Light Detection and Ranging* (“detecção e medida de distância com luz”)

OBD – *Onboard Diagnostics* (“diagnóstico de bordo”)

PC – *Personal Computer* (“computador pessoal”)

SAE – *Society for Automotive Engineering* (“sociedade para engenharia automotiva”)

VANET – *Vehicular Ad Hoc Network* (“rede veicular ad hoc”)

## GLOSSÁRIO

*802.11*: conjunto de tecnologias para comunicação sem fio entre dispositivos eletrônicos. Existem atualmente vários padrões, sendo os mais populares os denominados ‘a’, ‘b’, ‘g’ e ‘n’ (escrevem-se também como 802.11a, 802.11b etc.). Cada padrão possui taxa de transmissão de dados, frequência e alcance distintos. Um novo padrão, denominado ‘p’, está sendo projetado.

*Ad Hoc*: expressão em latim que significa “para isto” ou “para esta finalidade”. Para redes de computador, diz-se que uma rede é *ad hoc* quando não possui um nó que atua como ponto de acesso ou roteador.

*Arquitetura de hardware*: a arquitetura de um sistema se refere ao tipo de processador que ele utiliza e ao conjunto de instruções utilizadas pela máquina. A arquitetura de um sistema impõe restrições ao sistema operacional que pode ser utilizado em conjunto com o hardware. Exemplos de arquiteturas existentes no mercado são a x64 (INTEL CORPORATION ONLINE) (utilizada pelos sistemas ditos 64 bits, como Vista ou Ubuntu) e Arm (utilizada em telefones celulares) (ARM LTD ONLINE).

*Bluetooth*: conjunto de tecnologias e protocolos para transmissão de dados entre dispositivos via radiofrequência.

*Do-It-Yourself*: expressão inglesa que se refere a construir ou fazer algo por conta própria, ao invés de se utilizar soluções prontas de mercado. Normalmente utilizada para se referir a projetos amadores ou semi-profissionais que se propõem a resolver um problema de forma mais barata, eficiente ou personalizada do que seria possível com soluções de prateleira.

*Hands Free*: sistemas ou dispositivos que permitem o uso de telefones celulares sem ocupar as mãos do usuário.

*IP: Internet Protocol*, ou “protocolo da Internet”. Protocolo de comunicação utilizado por todos os dispositivos conectados à Internet. Também é utilizado em redes locais.

*LIDAR*: sistema semelhante ao radar, mas que utiliza raios coerentes (laser) e em frequências diferentes para detecção de objetos e mapeamento do ambiente.

*Piconet*: uma rede de computadores que utiliza radiofrequência, comumente com a tecnologia Bluetooth, para as conexões entre os dispositivos participantes.

*Punta Taco*: manobra complexa utilizada em carros com câmbio manual em corridas para reduzir a perda de velocidade em curvas. Em um dos passos da manobra, os três pedais são pressionados simultaneamente. A manobra não é possível na maioria dos carros de marcha automática. A Nissan desenvolveu um carro cujo computador de bordo é capaz de realizar a maior parte dos passos da manobra de forma automática.

*Touchpad*: dispositivo com uma superfície sensível a toque que permite operar o cursor do sistema operacional. É geralmente utilizado em situações no qual o mouse seria inadequado. Esse dispositivo é uma peça comum nos *laptops* atuais.

*Tuner*: termo pelo qual se chamam as pessoas que praticam o Tuning.

*Tuning*: é o ato de se modificar um veículo automotor, dando-lhe uma aparência personalizada, ganhos de performance ou novas funcionalidades, com peças que só são encontradas em mercados especializados. Os praticantes de *tuning* o consideram uma arte.

*VoIP: Voice over IP*, ou “voz por IP”. Conjunto de tecnologias que permitem o uso de telefonia através de redes de computador, como alternativa às redes telefônicas comuns.

## INTRODUÇÃO

A computação automobilística existe há cerca de quarenta anos; em quase toda a sua história os sistemas para computação instalados em veículos automotores não tem seguido o avanço de sofisticação dos computadores pessoais, servindo apenas para garantir níveis mínimos de eficiência de queima de combustível. Percebe-se, no entanto, uma rápida evolução nos sistemas automobilísticos nos últimos anos (PRETSCHNER et al., 2007).

A partir da década de 90, a legislação nos Estados Unidos e na Europa levou a uma maior sofisticação de sistemas embarcados. Nesse período surgiram também diversos acessórios eletrônicos que se integravam à central eletrônica do carro, ou que aprimoravam a experiência do motorista com serviços de auxílio à navegação. Visando um novo mercado, empresas das áreas automotiva e de informática lançaram sistemas que dão uma nova abrangência à computação de bordo. Hoje é vista como uma plataforma sobre a qual funcionam vários serviços, como navegação via GPS, chamadas de emergência e diagnóstico das partes do carro. Não há, no entanto, uma padronização para esses produtos.

O objetivo deste trabalho é catalogar as principais soluções de computação automobilísticas do mercado, bem como soluções amadoras e semi-profissionais. Uma solução semi-profissional, chamada Spot, foi construída para este trabalho. As soluções serão analisadas, classificadas e comparadas segundo um conjunto de características comuns à área.

## Da Motivação

A computação automobilística é um campo ainda em desenvolvimento. A quantidade de funções eletrônicas nesses veículos cresce rapidamente a cada ano – a série BMW 7 chega a ter 270 funcionalidades com as quais o usuário pode interagir (PRETSCHNER et al., 2007). A abordagem da computação automobilística voltada ao motorista e aos passageiros, no entanto, é recente. A maior parte da literatura sobre a área surgiu depois de 2000.

Um segundo fator motivador é a constante afirmação da cultura DIY (*Do It Yourself*, ou “faça você mesmo”) de que é possível construir sistemas melhores do que os das montadoras com peças de computadores comuns no mercado. Nos dois últimos anos, porém, montadoras de carros como Ford e BMW lançaram sistemas de computação de bordo equipados com processadores de texto e navegadores para Internet (dentre outras aplicações), aproximando seus produtos dos computadores pessoais.

## Dos Objetivos

Existe um grupo de serviços que são mais comumente implementados em computadores de bordo veiculares. Dentre eles: diagnóstico em tempo real, central de entretenimento, auxílio à direção com sistemas guias, chamadas de emergência, *data-mining* (termo técnico em inglês para coleta de dados em massa), e redes ad-hoc veiculares (*Vehicular Ad Hoc Networks*, ou VANET). Porém, existem poucos padrões bem definidos para a construção de um sistema, tanto para hardware quanto para software (PRETSCHNER et al., 2007).

O objetivo geral deste trabalho é documentar e comparar diferentes soluções de computação automobilística, profissionais ou amadoras, montando assim um quadro comparativo. Esse quadro poderá servir de fonte de consulta para trabalhos acadêmicos futuros voltados à computação automobilística. Além disso, foi desenvolvida uma solução de computação de bordo própria, como proposta de mais uma solução viável para o mercado.

A fim de realizar o objetivo geral acima estabelecido, foram construídos os seguintes objetivos específicos:

- Analisar os sistemas de computação automobilística do mercado, em especial de carros das marcas BMW, Fiat e Ford.
- Construir um sistema de computação automobilística com características de produtos similares ou melhores que as soluções de mercado já existentes.
- Classificar as soluções e compará-las.

## **Da Organização do Trabalho**

A organização retórica deste trabalho é construída no intuito de realizar os objetivos aqui estabelecidos. Para realizá-los, então, impôs-se um percurso histórico, mercadológico, teórico e analítico, o qual está compreendido entre os capítulos explicados abaixo:

Capítulo 1 – **História da Computação Automobilística**: apresenta a história do uso de partes eletrônicas em carros.

Capítulo 2 – **Mercado Atual**: enumera os principais produtos para computação veicular que estão atualmente no mercado.

Capítulo 3 – **Estado da Arte**: aborda o que há de mais moderno na pesquisa sobre computação de bordo.

Capítulo 4 – **Engenharia**: explica as dificuldades de se construir um sistema para computação DIY em ambiente automobilístico e as técnicas utilizadas para solucionar esses desafios.

Capítulo 5 – **Aplicações**: discorre sobre sistemas eletrônicos para a segurança, auxílio a navegação, entretenimento e conectividade em veículos automotores, disponíveis no mercado atualmente. Este capítulo se aprofunda nos detalhes dos sistemas que foram apresentados no capítulo 2 e 4, e dá ênfase às aplicações de certas áreas especiais.

Capítulo 6 – **Estudo de Caso**: Trata das especificações de hardware de um PC de bordo construído para o trabalho.

Capítulo 7 – **Conclusões**: explana as principais conclusões deste trabalho e seus trabalhos futuros.

## 1. HISTÓRIA DA COMPUTAÇÃO AUTOMOBILÍSTICA

Na década de 70, o mercado de carros americano se preocupava com a eficiência dos motores e a emissão de poluentes. O *Clean Air Act* (“ato para ar limpo”), lei federal que regulamenta até hoje a emissão de poluentes, recebeu uma emenda que criava padrões de emissões de poluentes para veículos (EPA, U.S. ONLINE, 2008). Em 1976, a Chrysler lançou o que seria uma das primeiras centrais eletrônicas para carros, com seu sistema *Lean Burn* (ALLPAR, LLC ONLINE). A General Motors, montadora que detém a marca Chevrolet, desenvolveu um conjunto de tecnologias para redução de emissão de poluentes com o uso de microcontroladores, no final da década de 70 (SCHULTZ, 1978). A Nissan também lançou unidades de controle para injeção eletrônica em seus carros da marca Datsun, a partir do modelo 280z (ver figura 1).

O propósito dessas centrais eletrônicas era substituir ou complementar o uso do carburador, obtendo sempre a melhor razão de mistura possível entre combustível e ar. A injeção eletrônica de combustível é mais eficiente do que a injeção via carburador porque a central eletrônica é capaz de reagir às condições internas e externas ao veículo e modificar a mistura de combustível e ar mais rapidamente.





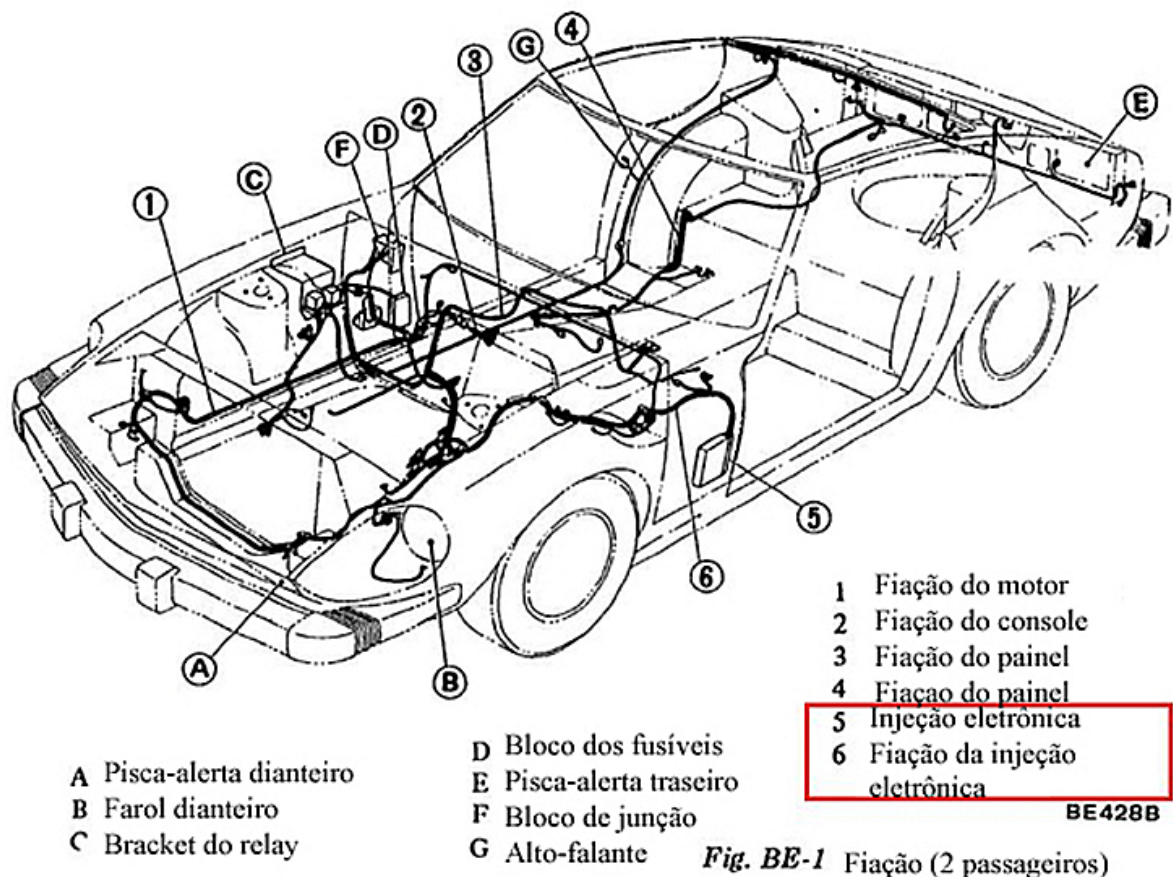


Figura 1: Esquema elétrico de um Datsun 280z, ano modelo 1977, da Nissan, destacando a unidade de injeção eletrônica (NISSAN MOTOR CO., LTD, 1977).

Com o tempo, outros dispositivos com partes eletrônicas foram incorporados a veículos automotores, como controladores de amortecimento, odômetros eletrônicos, etc. Para que esses dispositivos pudessem se comunicar entre si ou com computadores, a SAE (*Society for Automotive Engineers*, ou “Sociedade para Engenheiros Automotivos”) criou um protocolo de comunicações chamado CAN (*Controller Area Network*, ou “rede de área de controladores”). O protocolo foi criado em 1983, mas só foi publicado três anos depois (KIENCKE, 1986).

Um segundo protocolo foi desenvolvido entre as décadas de 70 e 80 para o diagnóstico de componentes do carro. Empresas como a Nissan e a General Motors utilizavam padrões proprietários para verificação do funcionamento de certas peças do carro. Em 1989, a CARB (*California Air Resources Board*, ou “painel para recursos aéreos da Califórnia”) aprovou uma regulamentação que tornava obrigatório o uso do padrão OBD-II para todos os carros no estado que fossem fabricados a partir de 1996 (AIR RESOURCES BOARD, 1989). Em 1996,

o governo federal americano adotou lei similar, tornando obrigatório o uso do padrão para todo carro vendido nos Estados Unidos a partir daquele ano.

Enquanto isso, na Europa se desenvolvia o padrão conhecido por EOBD, ou “OBD europeu”. Em 1998, a União Européia aprovou uma diretiva, a 98/69EC, que estabelecia normas para a utilização de tecnologias de diagnóstico de bordo veicular em seu território. A diretiva estabelecia algumas datas chave para a implantação de tais tecnologias. O dia primeiro de janeiro de 2001 foi escolhido como a data limite para homologação das tecnologias escolhidas e dos primeiros equipamentos a utilizá-las.

Atualmente, os protocolos de diagnóstico de bordo seguem os padrões estabelecidos pela SAE. Por exemplo, o J1978, que define os parâmetros mínimos para operação de equipamentos que usam o protocolo OBD-II, e o J2012, que estabelece os códigos de diagnóstico. Existem também padrões ISO, como a norma ISO 9141, que estabelece requisitos para troca de informações entre peças eletrônicas automotivas.

A existência desses equipamentos e a padronização dos protocolos proporcionaram a formação de um mercado de peças que se comunicam com o conjunto do motor com os mais variados objetivos. Oficinas mecânicas utilizam *scanners* automotivos para inspecionar partes do carro de forma pouco invasiva. O *scanner* se conecta à porta OBD do carro e fornece informações que caso contrário só poderiam ser obtidas com a abertura do motor.

Motoristas que seguem a filosofia DIY podem construir seus próprios sistemas computadorizados para monitorar o funcionamento de seus carros (HARPER, 2006). Por exemplo, a iTuners, empresa americana fundada em 1996, desenvolve unidades de suprimento de energia para equipamentos eletrônicos que se conectam à bateria e a ignição de carros. De posse de um computador instalado no carro (ou um *notebook*), é necessário apenas um cabo conector OBD (ver figura 2) e um software que implemente o protocolo.

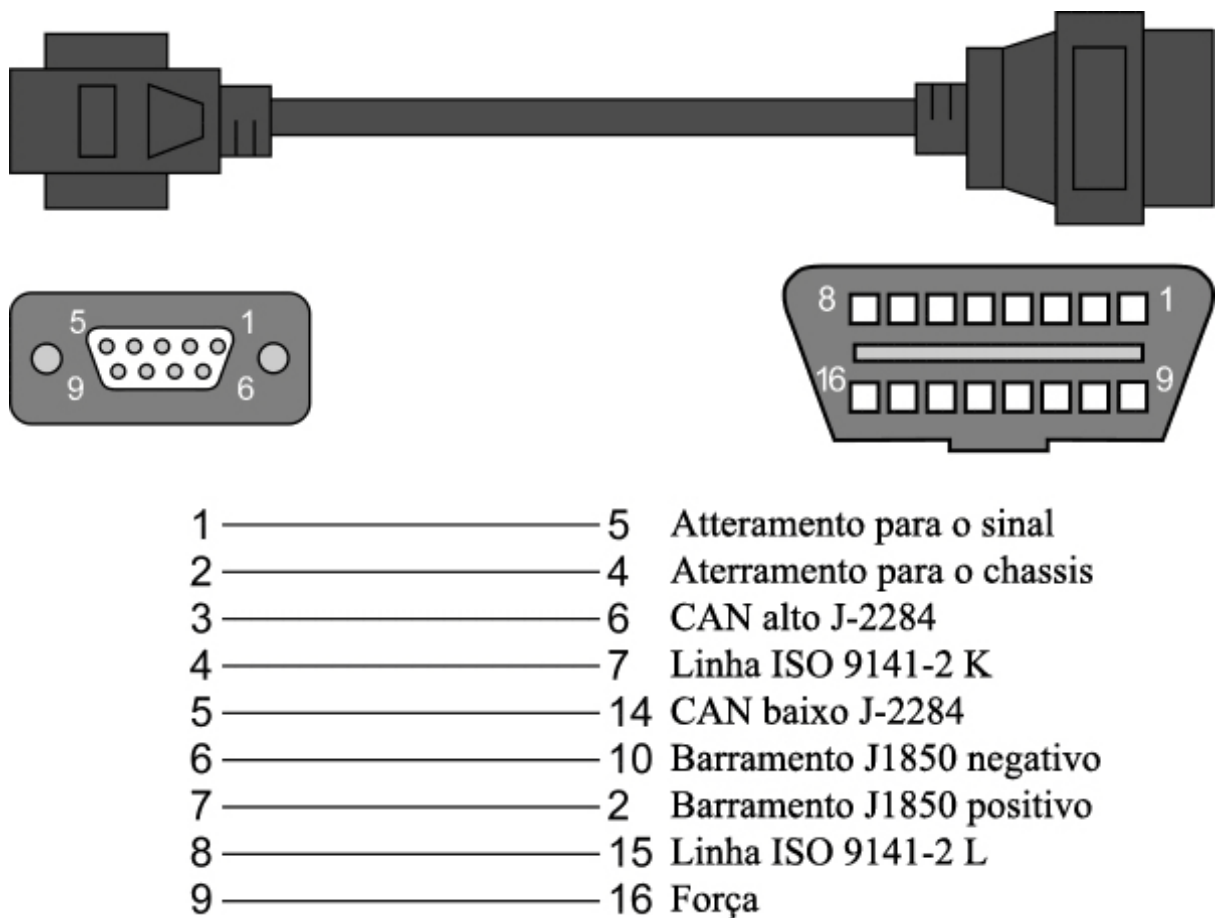


Figura 2: Esquema de pinos de um conector serial - OBD

No extremo da engenharia, entusiastas da cultura *tuner* (vide glossário) utilizam dispositivos embarcados que reconfiguram a injeção e outras características do carro para obter maior potência do motor – um processo chamado *chip tuning* (POWERFUL MOTORSPORTS ONLINE).

## **2. MERCADO ATUAL**

Visando explorar um novo mercado, empresas do setor de tecnologia começaram a desenvolver produtos voltados à computação automobilística. Existem no mercado produtos eletrônicos para carros capazes de desenvolver várias funções, como aparelhos GPS, DVD e rastreadores automotivos. As montadoras de carro e a indústria de software também vêm desenvolvendo soluções que envolvem computadores de bordo mais complexos.

A Microsoft participa do mercado de computação de bordo com dois sistemas operacionais, Windows Automotive e Microsoft Auto. Esses sistemas são baseados no Windows CE, versões 5 e 6, respectivamente. O Windows CE foi lançado originalmente em 2000 para Pocket PC's. Em 2006, a empresa anunciou que entraria no mercado automotivo americano em parceria com a Ford. A Ford vende carros com computadores de bordo utilizando esses sistemas no mercado americano desde 2008, em dois pacotes: Ford SYNC (MICROSOFT CORPORATION ONLINE, 2009) e Ford Work Solutions (FORD MOTOR COMPANY ONLINE, 2009).

O Ford SYNC é capaz de integrar funções do computador de bordo com celulares e outros aparelhos via Bluetooth, realizar diagnóstico de certas peças do veículo, chamar serviços de emergência em caso de acidente e possui serviço de auxílio à direção. O pacote de computação Ford Work Solutions também possui essas funcionalidades, mas é voltado para aplicações de escritório (processadores de texto e planilhas, CAD etc.), além de contar com funcionalidades de rastreamento e diagnóstico remoto em massa via Internet. Esses sistemas

utilizam processadores ARM (ZIFF DAVIS ENTERPRISE HOLDINGS INC., 2008), também utilizados por telefones celulares como o iPhone.

A BMW oferece um produto chamado BMW ConnectedDrive (BMW ONLINE). O computador de bordo da BMW possui quatro conjuntos de funcionalidades, denominados BMW Assist (auxílio a navegação e chamadas de emergência), BMW Online (acesso a Internet), BMW Tracking (rastreamento veicular) e BMW Teleservices (diagnóstico integrado online).

A Fiat comercializa um pacote de soluções chamado Blue & Me (FIAT AUTOMOBILES ONLINE). Esse pacote oferece leitura em voz alta de texto, integração com celular via Bluetooth e reprodução de conteúdo multimídia. Uma versão chamada Blue & Me Nav oferece auxílio a navegação via GPS e chamadas de emergência. O Blue & Me, assim como o Ford SYNC, é baseado em processadores ARM (JAMES, 2009).

Os serviços oferecidos por essas soluções podem ser agrupados em cinco grupos:

- Navegação (auxílio a navegação com GPS);
- Segurança (chamadas de emergência, diagnóstico, rastreamento);
- Conectividade (acesso a Internet, integração com outros aparelhos);
- Entretenimento (reprodução de conteúdo multimídia);
- Utilitários (aplicativos de escritório).

Este trabalho se propõe a analisar, descrever e comparar diferentes sistemas de computação automobilística com relação aos quatro primeiros grupos. Sobre esses grupos, foi realizada uma pesquisa a fim de se determinar o consenso acadêmico e o estado da arte de cada um. As aplicações disponíveis em cada grupo são apresentadas em maior profundidade no capítulo 5.

## **2.1 Segurança**

Muitos acidentes poderiam ser evitados se os carros pudessem avisar seus motoristas sobre colisões iminentes. Sistemas dotados de sensores de colisão, como LIDAR's (vide glossário) ou câmeras, são capazes de dar tais avisos. A determinação do risco de colisão pode ser feita por redes neurais treinadas em pistas simuladas, o que confere um alto grau de precisão da determinação dos riscos com sensores ópticos (KOHL et al., 2006). Sistemas

capazes de avisar o motorista sobre riscos aumentam a confiança dos mesmos quanto à segurança na direção. Quando motoristas recebem avisos de um sistema de bordo, eles tendem a prestar mais atenção na pista e reduzir a velocidade, comportamentos que ajudam a evitar acidentes. O impacto de um sistema desses para a segurança na direção é positivo mesmo quando a precisão é reduzida: Jonsson, Harris e Nass (2008) demonstraram esse efeito para taxas de precisão nos avisos tão baixas quanto 64%.

Ainda sobre evitar colisões, Bach et al. (2008) discorrem sobre o risco de distração quando o motorista opera um computador de bordo enquanto dirige. Bach testou três tipos distintos de interface com o computador: tátil, ou alto-relevo (como um aparelho de som tradicional), telas sensíveis a toque com interação via toque simples e superfícies sensíveis a toque com interação via gestos. Foram comparados os erros de direção e o comportamento dos motoristas em dois ambientes diferentes, enquanto utilizavam cada tipo de interface. Cada forma de interação introduz um grau diferente de risco de acidentes. Os resultados do experimento mostram que a interação via toque é a mais segura das três. Um detalhe que deverá ser considerado neste trabalho é a diferença na legislação de vários locais com relação ao uso de acessórios interativos em um carro. No Brasil, o Conselho Nacional de Trânsito só permite o uso de aparelhos geradores de imagem à direção se forem utilizados exclusivamente para auxílio à navegação (CONTRAN, 2007).

## **2.2 Auxílio à Navegação**

Um computador pessoal pode facilmente ser integrado a um aparelho GPS. Com essa integração, é possível implementar serviços e formas de controle que os aparelhos GPS auto-suficientes do mercado atual não oferecem. O usuário pode visualizar um mapa em seu PC de bordo ao invés da tela de um aparelho GPS simples, e então utilizar os controles do computador para tratar a imagem do mapa – fazendo aproximação ou afastamento da tela, por exemplo (HARPER, 2006).

Uma vez que os sistemas de bordo conheçam sua localização em um mapa, é possível coletar informações de navegação de vários usuários para análise de tempos de viagem. Com base nessas informações é possível fazer previsões sobre o tempo de viagem (NAKATA; TAKEUCHI, 2004).

### 2.3 Conectividade

Um computador de bordo instalado no carro favorece o acesso a Internet (DATZOV, 2006). O acesso à rede é facilitado através do uso da telefonia celular. Uma vez conectado, o aparelho pode atualizar seu software pela rede, e serviços de entretenimento como rádios *online* se tornam disponíveis (HARPER, 2006).

Uma área de estudo com relação à computação móvel são as redes VANET's (*Vehicular Ad Hoc Networks*, ou “redes *ad hoc* veiculares”) – redes formadas sob demanda entre carros que estejam próximos entre si. Carros que fazem parte de uma VANET podem trocar vários tipos de informação entre si, incluindo avisos de segurança (BALON; GUO, 2006) ou conteúdo multimídia (OLARIU, 2007). Um tipo específico de VANET proposto pela comunidade científica é a *Vehicular Grid* (“grade veicular”), uma rede veicular de grande escala que utiliza a infra-estrutura existente da Internet (GERLA et al., 2006).

### 2.4 Entretenimento

Um fator que traz muitos entusiastas ao campo da computação automobilística é a capacidade de se utilizar o carro como uma central de entretenimento. Um computador mediano pode armazenar mais tempo de áudio e vídeo do que qualquer outro dispositivo de bordo, e a reprodução desse conteúdo é mais simples de se controlar. Esse tema é explorado extensivamente por Harper (2006), Datzov (2006) e Gwennap (2000). Datzov (2006) montou um sistema de videogames em seu carro. Os três autores ainda mencionam a navegação na Internet como uma característica altamente desejável em um sistema de bordo, que permite acesso a diversas formas sempre atuais de entretenimento.

De acordo com Olariu (2007), a atual infra-estrutura e alocação de faixas de rádio nos Estados Unidos favorece o uso de redes P2P para troca de conteúdo multimídia entre sistemas veiculares.

### 3. ESTADO DA ARTE

A IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*, ou “Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos”) está elaborando um protocolo de rede, na camada de enlace, para uso veicular. Esse protocolo será incluso no grupo de padrões 802.11 (vide glossário), sendo-lhe designado o nome de 802.11p. O instituto planeja liberar o protocolo em novembro de 2010. Computadores equipados com radiotransmissores capazes de utilizar esse protocolo poderão formar e acessar redes locais veiculares *ad hoc* (vide glossário). Também será possível formar conexões com dispositivos fixos em estradas ou construções, para dar acesso a WAN’s e mesmo à Internet a veículos automotores em movimento, como alternativa ao uso de conectividade via rede celular.

Em uma das arquiteturas estudadas para o padrão 802.11p, os veículos se conectam a pontos de acesso estáticos ou móveis nas estradas. Cada ponto de acesso utiliza sete canais de radiofrequência, com 10 MHz de largura cada, para se comunicar com veículos em sua área de cobertura. Dois desses canais são utilizados para emergências e têm alcance de um quilômetro, com taxas de transmissão chegando a 27 Mbps. Os demais canais têm alcance de 200 metros e taxas de transmissão de até 6 Mbps (em comparação, os computadores de mesa atuais são equipados com placas de rede que alcançam de 100Mbps a 1Gbps em redes locais). O canal central, utilizado para controle das comunicações, opera na frequência de 5.9 GHz. Essa frequência é reservada para veículos na Europa e nos Estados Unidos (FISHER, 2007).



## DARPA Urban Challenge

A pesquisa aplicada em computação de bordo atinge seu ápice no DARPA *Urban Challenge*. Trata-se de uma competição onde equipes projetam veículos para se comportarem de forma completamente autônoma (não é permitido o uso de controle remoto ou comunicação entre veículos) em um ambiente controlado que simula operações militares. Os carros devem ser capazes de manobrar em condições de tráfego intenso, evitar obstáculos, tomar decisões sobre quando avançar, cruzar ou entrar em vias de alto fluxo e realizar missões de entrega. Em duas edições do desafio (2004 e 2005), os veículos autônomos passaram por uma prova onde o objetivo era percorrer uma trilha de até 142 milhas (aproximadamente 228,5 quilômetros) no deserto em menos de dez horas.

As equipes que participam do *Urban Challenge* representam universidades e empresas de vários países.

Por mandado do senado americano, até 2015 um terço dos veículos automotores do exército devem ser autônomos. O DARPA (*Defense Advanced Research Project Agency*, ou “agência de projetos de pesquisa avançada para defesa”) criou o *Urban Challenge* para que os competidores desenvolvessem a tecnologia necessária para isso.

Em 2007, a equipe campeã da competição foi a Tartan Racing, um esforço conjunto da General Motors com a universidade de Carnegie Mellon. O carro da equipe, chamado “Boss”, é um Chevy Tahoe. Seu sistema de software possui mais de meio milhão de linhas de código e funciona em um *cluster* de dez servidores instalados em seu porta malas. Cada servidor é uma lâmina equipada com um processador Core 2 Duo, da Intel. Boss ainda conta com um conjunto de discos rígidos capaz de armazenar 1 TB de informação, onde registra tudo que seus sensores captam e todas as decisões que toma (para depuração posterior caso cometa alguma falha). Além de GPS, seus sensores incluem oito radares de curto alcance, cinco radares de longo alcance, oito LIDAR’s de curto alcance, 1 LIDAR de médio alcance, quatro LIDAR’s de longo alcance e um módulo de “detecção de estrada” (sistema com uma câmera voltada para a frente do veículo, que detecta os limites da estrada). O carro é capaz de se dirigir sozinho e de forma segura em velocidades de até 30 milhas por hora (aproximadamente 48 quilômetros por hora) (CARNEGIE MELLON TARTAN RACING, 2007).

#### 4. ENGENHARIA

A instalação de um computador em um carro não é trivial. Um computador de bordo deve atender a vários requisitos que não são necessários para computadores de mesa ou *laptops*.

O primeiro problema a ser resolvido no projeto de um computador de bordo é espacial. O computador ocupará determinado volume no carro. A única parte do painel dos carros modernos padronizada para receber equipamentos eletrônicos do porte de um computador pequeno é o compartimento do som, pela norma ISO 7736. Também é necessário planejar o leiaute das entradas e saídas, incluindo teclado, monitor e modem. O posicionamento de cada peça ainda é limitado pelas passagens dos eletrodutos caso os dispositivos não sejam sem fio.

Para este trabalho, foi desenvolvido um sistema de computação de bordo semi-profissional. O sistema, ainda em fase de protótipo, foi batizado de Spot.

O Spot utiliza uma placa-mãe D945GCLF2D, de fator de tamanho mini-itx (17cm x 17cm). Isso permite montá-la em um gabinete Voo mPC, que tem o formato de amplificadores de áudio para carros. Algumas peças do computador, como o disco rígido e a bandeja de DVD, são do mesmo tipo utilizado em *laptops*. O processador, Atom 330, é tão eficiente quanto um Core 2 Duo, mas consome menos energia e por isso pode ser refrigerado com uma pequena ventoinha. Todas essas características contribuem para que o Spot tenha o mesmo desempenho de um computador de mesa do mesmo preço, mas ocupe um espaço

significativamente menor (21cm x 26,5cm x 6,6cm). Na figura 3, vê-se o Spot aberto com seus componentes de hardware montados. A figura 4 mostra a frente do Spot já montado.



Figura 3: Sistema de hardware do Spot durante montagem inicial.



Figura 4: Spot montado em um carro, sob o assento do motorista.

Outro desafio é a alimentação do sistema. Tradicionalmente, equipamentos elétricos de uso não veicular adaptados para carros são alimentados com o uso de um inversor, que converte a corrente de 12 Volts contínuos da bateria do veículo para 110 ou 220 Volts em corrente alternada. Usar aparelhos elétricos dessa forma é menos eficiente do que utilizá-los em tomadas comuns. Felizmente, computadores de mesa e *laptops* (e também o Spot) operam

com alimentação em 12 Volts de corrente contínua, similar ao que a bateria de um carro oferece nominalmente. A operação segura de um computador de bordo requer apenas que se estabilize essa voltagem, pois, na prática, a voltagem provida pela bateria é da ordem de 11.6 Volts, e varia de forma brusca cada vez que outras peças do carro (faróis, ar-condicionado etc.) são ligados ou desligados.

O Spot utiliza uma fonte de 120 Watts reais, ligada à bateria e à ignição. O Spot e o monitor (alimentado pelas portas USB) consomem cerca de 100 Watts, consumo similar a um par de faróis acesos, sendo que o processador é responsável por 4% desse total. O teclado sem fio e o GPS utilizam pilhas e bateria própria, respectivamente. As pilhas são de um tipo especial que pode ser recarregado através de portas USB, o que elimina a necessidade de reposição frequente. Ao se colocar o carro em meia-chave, a fonte envia o sinal “*Power On*” para a placa-mãe do Spot, e ao se remover a chave, a fonte envia continuamente o sinal “*Power Off*” até que o sistema operacional desligue o computador. Dessa forma, não há consumo significativo enquanto o carro está desligado. A fonte estabiliza a voltagem para o sistema em 12 Volts constantes, enquanto recebe de 6 a 24 Volts da bateria (para suportar os maiores picos e algumas quedas de tensão).

Exceto pelas conexões com o som do carro, com o monitor e com um *hub* USB de sete portas, todos os dispositivos do Spot se comunicam via radiofrequência, o que reduz a necessidade de se passar cabos pelos eletrodutos do carro e aumenta o conforto do uso no caso do teclado. O monitor é sensível a toque, o que provê a interface mais segura para a operação pelo motorista de acordo com a literatura (BACH et al., 2008). Ele também pode girar em dois eixos para melhor posicionamento e é fixado em um suporte que ocupa o compartimento de toca-CD's do carro. Também pode ser destacado para operação como *tablet PC*. O *hub* USB fica no painel, ao lado do monitor, e permite a fácil conexão de qualquer dispositivo externo ao sistema.

Esse leiaute, mostrado na figura 5, maximiza o conforto e causa pouco impacto no desenho original do carro. Porém, no Brasil, o monitor não pode ser utilizado pelo motorista, nem em seu suporte, em vias públicas a mais de dez quilômetros por hora, a menos que o monitor exiba exclusivamente imagens de um sistema de auxílio a navegação nessas condições. Isso foi estabelecido pela norma 242 do Contran (CONTRAN, 2007).



Figura 5: Monitor e hub USB no painel do carro.

A fixação dos componentes no painel do carro é feita com uma peça desenvolvida para o protótipo. Essa peça, vista na figura 6, pode ser inserida no compartimento de toca-CD's de um carro. Ela expõe uma placa pouco maior que a área ocupada no painel pelo compartimento. A superfície dessa placa é coberta de velcro. Dessa forma, é possível fixar nessa placa outros objetos que também tenham velcro em sua superfície.



Figura 6: Peça para fixação de dispositivos no painel, antes de receber camada de velcro.

O receptor GPS do Spot é fixado no painel com um porta-celular. Esses aparelhos, quando fixos em um carro, devem ficar sob o pára-brisas. Isso porque a lataria de metal dos carros bloqueia os sinais dos satélites GPS. A recepção do sinal é impossível em locais fechados como estacionamentos e túneis, e difícil em locais cobertos. Em especial, o dispositivo receptor utilizado no protótipo, um iGPS Pharos, não consegue captar o sinal sob tetos de postos de gasolina ou em condições climáticas desfavoráveis. Não há como solucionar definitivamente esses problemas quando se utiliza navegação via satélite. No entanto, apesar das dificuldades técnicas, o iGPS possui tanta precisão quanto qualquer outro aparelho GPS do mercado.

Uma melhoria do Spot em relação aos sistemas de auxílio a navegação embarcados é o fato de não armazenar os mapas em sua memória interna. Ao invés disso, o sistema recebe continuamente pela Internet os mapas mais atuais de onde esteja. Isso elimina o problema de armazenamento e atualização de mapas, que para outros dispositivos é feito através de transferência via cartão – ou simplesmente não é feito.

Um problema esperado para um sistema de bordo são as vibrações e acelerações aos quais certas peças são expostas. Um computador de mesa pode ter seu funcionamento interrompido caso haja problemas com suas partes móveis. Um disco rígido pode colar em um de seus cabeçotes em casos extremos de vibração ou aceleração. Um disco óptico pode quebrar se for exposto a forças que vão contra seu sentido de rotação, ou pode não ser lido corretamente se perder sincronia com o canhão *laser*. As placas de vídeo ou de memória (e em pior caso, o *cooler* do processador), embora não sejam móveis, podem ser desconectados em caso de aceleração ou desaceleração brusca.

As montadoras de veículos que vendem sistemas embarcados solucionam esses problemas utilizando exclusivamente dispositivos de estado sólido. *Laptops*, que são submetidos a movimento durante o uso com mais frequência, solucionam esse problema utilizando uma montagem muito mais firme das peças do que computadores de mesa. O Spot busca uma aproximação híbrida. O disco rígido e a unidade de DVD são peças de *laptops*, e possuem tecnologias antichoque e contra trepidação próprias. O sistema operacional é instalado em um cartucho de memória flash, um dispositivo de estado sólido. A placa mãe e o processador são dimensionados para suportar com segurança acelerações próximas de  $4,5\text{m/s}^2$  (INTEL CORPORATION, 2008) – equivalente a levar um carro de zero a cem quilômetros por hora em pouco menos de seis segundos e meio.



Exceto pelas entradas e saídas de som, todas as conexões de dados do Spot se dão por portas USB. Computadores de mesa atuais, por outro lado, ainda tendem a utilizar outras portas seriais para mouse e teclado, e a saída VGA para monitores. A instalação padrão do Spot ocupa cinco portas USB, mas deixa oito portas livres graças ao hub. A maioria das conexões do Spot podem ser vistas na figura 7. Além das conexões visíveis nesta figura, o Spot ainda possui um leitor de DVD, duas portas RCA fêmea (para dois canais de som) e duas portas USB, visíveis na figura 4. Uma das portas USB frontais é ocupada por um dispositivo Bluetooth, que pode ser visto na figura 4.

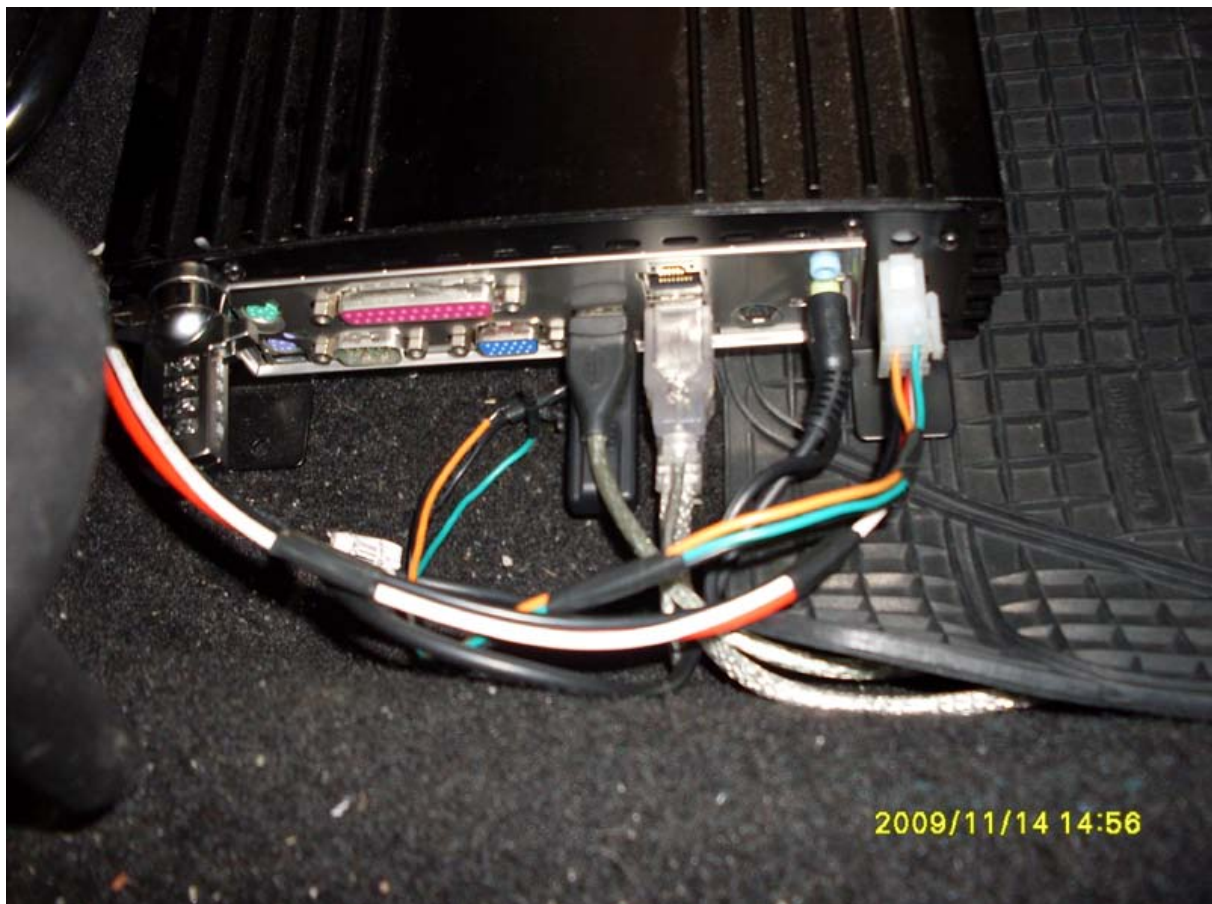


Figura 7: Conexões traseiras do Spot.

Com um monitor sensível a toque, é possível operar o sistema operacional sem outros dispositivos de entrada. No entanto, para maior conforto e precisão, e para permitir a fácil operação do sistema também por parte dos passageiros no banco traseiro, o Spot utiliza um teclado sem fio e com *touchpad* (vide glossário). O teclado também conta com teclas para controle específico do sistema multimídia do carro, permitindo fácil operação por parte do motorista sem que seja necessário desviar sua visão. O teclado pode ser visto na figura 8.



Figura 8: Teclado sem fio sendo operado.



## 5. APLICAÇÕES

Embora o conceito de computação automobilística englobando todos os seus aspectos seja recente, sistemas eletrônicos que atendem a áreas específicas do campo existem há mais de duas décadas e são lugar comum no mercado. Por exemplo, os sistemas atuais de som para carros são uma evolução dos aparelhos de rádio e toca-fitas para carros.

Alguns sistemas e equipamentos disponíveis no mercado foram analisados e agrupados nas quatro áreas de interesse deste trabalho.

### 5.1 Segurança

O uso de equipamentos eletrônicos para segurança em veículos começou em 1953, quando John W. Hetrick registrou uma patente para o primeiro *airbag* (sob o número 2649311 no escritório de patentes americano). O *airbag* de Hetrick foi bem recebido pelo mercado, porém, por ser completamente mecânico, não possuía a precisão necessária para detectar uma colisão. Além disso, era de interesse dos inventores da época reduzir o tempo de resposta do equipamento.

Para resolver esses problemas, Allen K. Breed criou diversas invenções, dentre sensores e atuadores (patentes 3919941 e 4711466), precursores da atual ACU (*Airbag Control Unit*, ou “unidade de controle dos *airbags*”). Atualmente *airbags* são de uso comum no mercado. Nos Estados Unidos, os carros são obrigados por lei a ter um dispositivo passivo de proteção para o motorista (NATIONAL HIGHWAY TRAFFIC SAFETY

ADMINISTRATION). Como a instalação de um airbag atende a demanda dessa lei, muitos carros vêm com esse acessório de fábrica. No Brasil, carros novos vendidos a partir de 2014 são obrigados por lei a terem esse equipamento.

Carros equipados com os sensores e atuadores adequados são capazes de reduzir a potência do motor e aplicar os freios para prevenir colisões. A BMW oferece esse sistema em seus carros com o nome comercial de *Active Cruiser Control* (“controle de cruzeiro ativo”) (BMW). Esse sistema utiliza radares, mas também é possível utilizar sonares e LIDAR’s. Outras empresas também oferecem esse tipo de sistema, como a Mercedes, a Volvo e a Honda (em seus carros de luxo). O 370Z, da Nissan, também possui atuadores que auxiliam em curvas difíceis, controlando a aceleração e frenagem do carro de forma similar a uma manobra *Punta Taco* (vide glossário).

Outra forma de garantir a segurança de veículos é o monitoramento remoto, no qual o veículo informa sua localização a um servidor via radiofrequência (inclusive através da Internet). Por exemplo, veículos que se desviam de rotas esperadas, ou que acionam um mecanismo de “pânico” podem ser contatados ou bloqueados. Existem empresas que instalam computadores de bordo a fim de prestar esse serviço, como a Servis. A Ford oferece equipamento e software prontos para monitoramento com a solução Crew Chief (parte do conjunto de sistemas Ford Work Solutions) – que monitora não apenas posição, como também informações de diagnóstico de bordo.

A BMW oferece uma solução de posicionamento e chamada de emergência, o BMW Assist, que informa automaticamente a localização do carro a oficinas autorizadas em caso de acidente. Embora não constitua uma forma de rastreamento diretamente, a capacidade do veículo de anunciar sua posição pode em hipótese levar a um rastreamento não autorizado por quem dispor do software e do equipamento encontrado nessas oficinas autorizadas. A empresa também oferece uma solução de rastreamento dirigida aos donos de veículos, BMW Tracking, que permite a localização do veículo através de um serviço telefônico.

Parte da segurança de um veículo é garantida pelo bom estado de suas peças. Isso pode ser verificado através de diagnóstico direto, como a verificação da calibragem dos pneus, ou inferindo-se o estado de uma parte através de um desvio da performance esperada para a mesma - por exemplo, quando a eficiência de queima de combustível cai de forma inesperada.

Os carros atuais informam ao motorista, através do painel, informações sobre temperatura e rotação do motor, e alertam quando o nível do óleo dos freios ou do motor está baixo. Carros equipados com equipamentos conhecidos no comércio como “computadores de bordo” são capazes de dar mais informações: a eficiência da combustão e a autonomia esperada para o carro com o nível atual de combustível. O Captiva, da General Motors, por exemplo, é capaz de mostrar em uma tela no painel a calibragem dos pneus – e aumentar ou diminuir a pressão do ar nos pneus através de uma bomba embutida no carro, a um comando do motorista.

Muitos acidentes de carro são causados por uso do telefone celular. A manipulação do aparelho distrai o motorista. 71% dos condutores jovens perdem o controle da velocidade do veículo ao falar no celular durante a condução (DENATRAN). O condutor também tem sua percepção espacial diminuída graças aos movimentos que faz com as mãos e à cabeça. O uso de um sistema *hands free* faz com que a conversa com uma pessoa por linha telefônica seja semelhante ao de conversar com um passageiro no carro. Vários sistemas de som automotivo no mercado possuem funcionalidades para parear com um telefone celular via Bluetooth, utilizando o protocolo de perfil Bluetooth HFP (*Hands Free Profile*, ou “perfil para mãos livres”, padrão próprio para esse uso).

O Spot conta com um sistema de diagnóstico de bordo, através de uma interface ElmScan 5. A interface conecta a central eletrônica do carro à uma porta USB, e fornece informações sobre o estado das peças do carro através de códigos de status e códigos de erro nos protocolos OBD e OBD-II. Dessa forma, é possível detectar problemas no veículo antes destes problemas se tornarem visíveis. Isso não apenas reduz o impacto de um defeito, permitindo sua correção de forma mais rápida, como aumenta a segurança do veículo. A interface funciona em tempo real e em conjunto com o computador de bordo “real” faz o papel do produto conhecido no mercado como “computador de bordo”.

Para fins de localização, o Spot conta com um dispositivo Pharos iGPS BT. Esse dispositivo capta informações dos satélites da rede SATNAV (GPS) e as transmite ao computador de bordo via Bluetooth, utilizando o protocolo NMEA. Enquanto sistemas de localização de mercado informam posição e rota em uma tela própria, o iGPS delega essa função ao computador de bordo. De posse das informações captadas dos satélites, o Spot se integra a um sistema próprio de rastreamento. Esse sistema está integrado com um sistema de mapeamento global (Google Maps), e pode ser integrado com equipamentos capazes de parar

a bomba de gasolina em caso de roubo do veículo, ou de telemetria (para monitoramento remoto), dentre outros.

Como o computador de bordo possui todas as funcionalidades de um computador de mesa comum, desenvolvedores de software podem criar sistemas de segurança com menos restrições e sem precisar modificar o firmware. Por exemplo, Silva (2009) sugere um sistema no qual uma câmera integrada a um computador de bordo detecta o nível de atenção do motorista. Outro sistema poderia então tomar as medidas necessárias para parar o carro em caso de motorista intoxicado ou sonolento (SILVA; SILVA; PAIVA, 2009). Zajicek e Jonsson (2005) sugerem sistemas nos quais o estado emocional do motorista é inferido a partir de suas vocalizações. Caso o motorista esteja agressivo ou apreensivo tais sistemas poderiam então realizar ações para tranquilizá-lo, ou assumir o controle do carro se necessário (JONSSON; MARTYN, 2005).

Uma vez que o padrão 802.11p, de acesso a redes sem fio veicular, seja concluído pela IEEE, e de posse de uma interface de rede capaz de utilizar este padrão, o Spot será capaz de realizar chamadas de emergência através de redes veiculares *Ad Hoc*.

Finalmente, integrado ao sistema de som do carro e com interface Bluetooth e microfones próprios, o Spot é capaz de realizar ligações telefônicas utilizando *Hands Free* (vide glossário), tanto em pareamento com um telefone celular capaz quanto via VOIP. A interface para o usuário, via tela sensível a toque, é a mais segura possível de acordo com a literatura (BACH et al., 2008).

Apesar de todas as vantagens de integração e inovações do Spot, o fato de funcionar em uma plataforma de hardware x64, em conjunto com a necessidade de um sistema operacional para desktops, o torna relativamente lento e mais sujeito a falhas quando comparado aos sistemas embarcados disponíveis no mercado. Em determinadas aplicações, como o rastreamento, isso não é problemático. No entanto, em aplicações como a determinação do nível de atenção do motorista, os sistemas do Spot podem perder eficiência a ponto de serem inutilizados, e devem, portanto, ser utilizados com cautela.

## 5.2 Auxílio à Navegação

O sistema de auxílio à navegação conhecido como GPS (*Global Positioning System*, “sistema de posicionamento global”) foi criado pelas forças armadas americanas. Inicialmente

de uso exclusivo militar, seu uso por civis foi autorizado em 1996 pelo então presidente dos Estados Unidos Bill Clinton (NATIONAL ARCHIVES AND RECORDS ADMINISTRATION, 1996).

Desde então, várias empresas como TomTom, Garmin e Magellan vendem aparelhos GPS que dão ao usuário uma localização no planeta (latitude, longitude e altitude) e a hora global. De posse desses dados, os aparelhos são capazes de exibir a localização em um mapa. Dependendo da sofisticação do modelo, são capazes também de armazenar em sua memória interna pontos de interesse e calcular rotas. A figura 9 mostra um teste realizado pela revista Autoesporte no qual são comparados diversos aparelhos GPS em um carro. Na foto, vê-se os aparelhos calculando rotas. O padrão para o uso desses aparelhos, no entanto, é ter apenas um afixado ao pára-brisas ou ao painel do carro.



Figura 9: Vários aparelhos GPS em um carro (AUTOESPORTE, 2009).

Alguns modelos de carros mais recentes da Fiat, Ford e BMW possuem sistemas GPS embarcados. Esses sistemas são chamados de Fiat Blue & Me Nav, Ford Work Solutions/Ford Crew Chief e BMW Assist, respectivamente.

O maior desafio para esses sistemas é supri-los de informações e mantê-los atualizados. Mesmo para cidades já mapeadas, como São Paulo, a atualização do mapa não é

automática. Dessa forma, mudanças em mãos de ruas, e a criação ou eliminação de vias, não se refletem nos mapas armazenados na memória do sistema embarcado. A maioria dos aparelhos GPS que podem ser atualizados o fazem por meio de cartões de memória, baixando as informações mais recentes da Internet através de um computador de mesa ou *laptop*.

O Blue & Me Nav carrega os mapas para sua memória interna a partir da leitura de dispositivos USB. No entanto, nem todas as concessionárias têm os mapas das principais cidades disponíveis. É o caso da Iguauto, que até Outubro de 2009 não contava com o mapa de Fortaleza. Além disso, uma vez que os mapas são carregados a partir de um dispositivo de armazenamento, pode ser necessária a troca do dispositivo e uma recarga do sistema em viagens interestaduais ou internacionais. Os dispositivos da Ford, feitos em parceria com a Garmin, têm os mapas atualizados pela Internet (GARMIN INTERNATIONAL, INC., 2008). Os sistemas de navegação da BMW são integrados com os sistemas de mapeamento do Google (BMW).

O Spot conta com um programa capaz de interpretar frases GPS no protocolo NMEA, utilizado pelos aparelhos GPS capazes de se comunicar com um computador. O protótipo utilizado neste trabalho se comunica via Bluetooth com um aparelho iGPS Pharos, que pode ser visto na figura 10. O dispositivo é fixo no carro com um porta-celular. Na imagem se vê o aparelho acoplado a um transmissor Bluetooth. Uma moeda de vinte e cinco centavos foi fotografada em conjunto com o aparelho para se dar uma idéia de suas dimensões. Esse aparelho não dispõe de tela nem tem memória interna, sendo capaz apenas de repassar as informações captadas dos satélites para o computador de bordo. De posse dessas informações, o Spot calcula sua posição. Com quatro ou mais satélites visíveis, a precisão é da ordem de dez metros.



Figura 10: Dispositivo iGPS Pharos BT, acoplado a um transmissor Bluetooth e fixado por um porta-celular (ao lado de uma moeda para referência de tamanho).

A única informação guardada na memória do Spot relacionada a posicionamento é o registro das coordenadas obtidas. Uma vez obtida uma coordenada, um mapa é solicitado a um sistema de mapeamento global, o Google Maps (ou o Google Earth, caso o usuário disponha de sua licença comercial). O mapa é exibido em um navegador, junto com a marcação da posição atual. Nesse mesmo sistema é possível traçar rotas a serem seguidas. O sistema aceita tanto coordenadas de latitude e longitude quanto endereços como entrada para determinação de rotas, e os caminhos podem ter trechos específicos modificados pelo usuário. Qualquer informação de pontos de interesse é armazenada nos servidores da Google Inc., não ocupando espaço na memória do Spot. Isso é possibilitado pelo acesso à Internet móvel do sistema, atualmente através de rede de telefonia celular.

Uma vez que a obtenção de posição global depende da recepção do sinal dos satélites da rede GPS, nenhum desses sistemas de navegação funciona em locais fechados ou no subterrâneo, e podem falhar em condições climáticas ou geográficas desfavoráveis (por exemplo, em vales ou desfiladeiros). Para resolver esse problema, o DARPA iniciou o programa PINS (*Precision Inertial Navigation Systems*, “sistemas de navegação inercial de precisão”). Os sistemas projetados utilizam acelerômetros e giroscópios para determinar a variação de posição dos dispositivos após a obtenção de uma posição via GPS (DEFENSE SCIENCES OFFICE).

### 5.3 Entretenimento

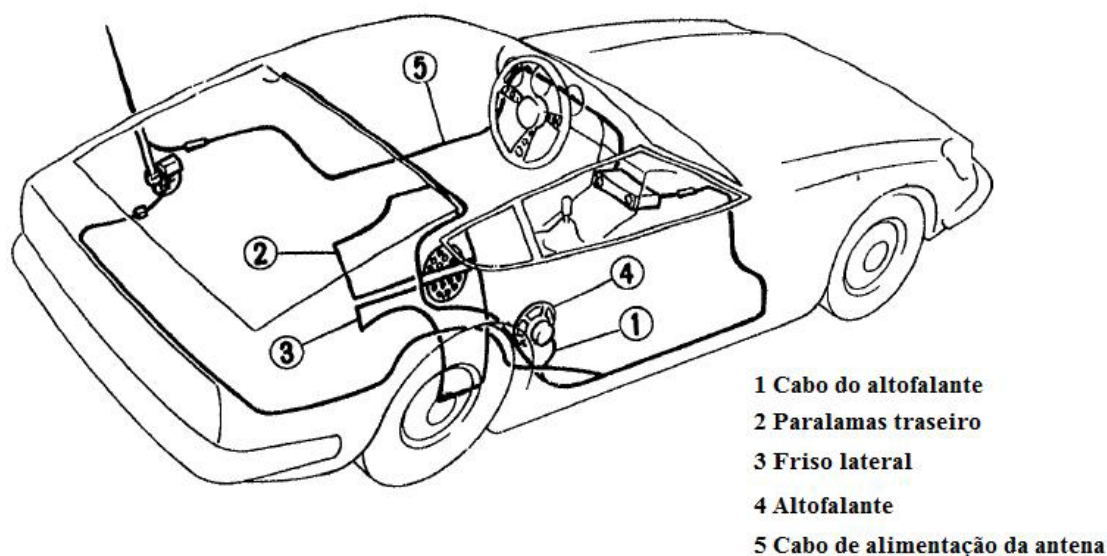
O conceito de equipamentos elétricos e eletrônicos para entretenimento a bordo de carros vem dos aparelhos de rádio automotivos da década de 70. A figura 11 mostra o esquema de um rádio automotivo da Nissan de 1977. Na década de 80, se tornaram populares os toca-fitas para carros, que foram padronizados com a norma ISO 7736.

A partir desse padrão surgiram também toca-CD's e, há alguns anos, aparelhos providos de telas de cristal líquido que são capazes de reproduzir o conteúdo de DVD's. Alguns autores sugerem a instalação de sistemas de videogame no carro, para os passageiros ou quando o carro estiver parado (HARPER, 2006, DATZOV, 2006). Alguns aparelhos de DVD automotivo possuem recursos do gênero, como o DVT-T6000 da Tec Toy.

Na linha de sistemas embarcados, os sistemas de bordo baseados nos sistemas operacionais compactos da Microsoft (Windows CE e Windows Mobile), como o Blue & Me da FIAT e o Ford Work Solutions são capazes de integrar-se com dispositivos como o Zune e aparelhos celulares via Bluetooth, e então reproduzir o conteúdo multimídia armazenado nesses aparelhos. Tanto o Blue & Me quanto o Ford Work Solutions são também capazes de reproduzir o conteúdo de dispositivos USB.

O Spot utiliza um sistema operacional de mercado dirigido a desktops e *laptops*, sendo capaz de executar qualquer aplicativo que funcione em um computador de mesa. Isso inclui jogos de computador ou *players* de multimídia. Com acesso à Internet, ele também é capaz de se conectar a rádios *online* e baixar conteúdo multimídia em tempo real. O controle da reprodução sonora (que pode ser integrado ao som do carro) é feito com um chipset da Realtek, fabricante de placas de som para computadores. Isso permite ajustes finos de equalização e introdução de efeitos para ambientação do som sem a necessidade de equipamentos extras. Em comparação, a maioria dos sistemas de som automotivo do mercado possui opções de equalização pré-definidas e não editáveis.





BE653B

*Fig. BE-140 Remoção do Altofalante*

Figura 11: Rádio automotivo no Datsun 280Z (NISSAN MOTOR CO., LTD, 1977).

O disco rígido do protótipo pode armazenar até 80 GB, a mesma capacidade de um iPod. O disco pode ser facilmente substituído por discos de até 1 TB, bastando que o disco siga o padrão de tamanho de 2.5 polegadas. O disco atual já possui capacidade de armazenamento suficiente para mais de 24 horas de música, o que evita repetições durante viagens intermunicipais. Além de reproduzir músicas do disco rígido, o Spot também reproduz automaticamente o conteúdo de qualquer CD, DVD ou dispositivo USB que lhe seja conectado.

Para a conexão via Bluetooth com telefones celulares, tanto para reprodução de conteúdo multimídia quanto para conversação viva-voz através do sistema de som do carro, é necessário software especial. O protótipo utilizará um pacote de mercado chamado BlueSoleil para prover essa capacidade ao Spot.

Futuramente, quando o padrão 802.11p para redes sem fio veiculares estiver concluído, será possível distribuir conteúdo multimídia via conexões ponto a ponto entre carros. O desenvolvimento de computadores de bordo como o Spot é o primeiro passo nesse sentido (Olariu, 2007).

## 5.4 Conectividade

A conectividade entre condutores de veículos é incomum para carros de passeio, e apenas recentemente esse mercado tem sido explorado. Tradicionalmente, existe a radiocomunicação entre veículos que prestam serviços de emergência (polícia, bombeiros, ambulâncias) e centrais fixas. Outro grupo que explora a comunicação entre veículos automotores terrestres são os caminhoneiros, que utilizam equipamentos de rádio-amadores para trocar informações sobre condições da estrada. Apesar do termo amador, a sofisticação desses sistemas de comunicação é alta. Existem casos de utilização clandestina de satélites para comunicação entre caminhoneiros (WIRED.COM, 2009).

O interesse das empresas de transporte no mundo todo levou ao desenvolvimento de sistemas de telemetria para caminhões, como o prestado pela OnixSat. O sistema é capaz de realizar telemetria e rastreamento de caminhões por rede celular ou através de satélite. Também utiliza a constelação AORW (*Atlantic Ocean Region West*, “região oeste do oceano atlântico”) ao invés da SATNAV (GPS), que permite tráfego bidirecional de dados. É possível também prover comunicação por voz entre motoristas de caminhão e centrais de comando em terra. O sistema da OnixSat é integrado a outros sistemas via Internet, incluindo sistemas de telefonia celular e Google Maps (ONIXSAT RASTREAMENTO DE VEÍCULOS LTDA, 2008).

Para carros de passeio e utilitários, os sistemas Ford Work Solutions e BMW Online dão aos carros dessas montadoras acesso à Internet (MOBILETECHNEWS, 2009, CNET TV, 2008) e possuem navegador. O navegador da BMW pode ser visto na figura 12. É necessário fazer um plano de acesso à Internet com uma operadora local. Os carros já dispõem de todo o hardware necessário para fazer conexões via linha telefônica celular. No Brasil, é possível se utilizar os padrões EDGE, GPRS, CDMA e 3G, dentre outros. A oferta de padrão, largura de banda e áreas de conectividade garantida variam entre as operadoras que oferecem o serviço.



Figura 12: Navegador em um BMW (BUSINESS INTELLIGENCE MIDDLE EAST, 2009).

Os sistemas Blue & Me e Ford Work Solutions possuem também conectividade através de Bluetooth. Ambos funcionam com sistemas operacionais da Microsoft voltados a mobilidade. Isso os torna teoricamente capazes de gerenciar e participar de *piconets* (vide glossário), redes sem fio que utilizam a pilha de protocolos do Bluetooth. Na prática, porém, os sistemas não vêm com essa funcionalidade habilitada, nem é possível instalar softwares novos que dêem essa capacidade aos sistemas.

O sistema Blue & Me, da Fiat, não possui conectividade com a Internet.

O desenvolvimento do padrão 802.11p permitirá que veículos formem redes P2P entre si, ou que se conectem a pontos de acesso imóveis – que podem então prover acesso à Internet (FISHER, 2007). Espera-se com isso que haja uma alternativa mais segura, confiável e barata para o acesso à Internet veicular.

O Spot funciona conectado à Internet para telemetria, posicionamento, rastreamento e comunicação via VoIP. Por utilizar um sistema operacional para desktops e *laptops*, e por ter as principais interfaces de entrada e saída do mercado atual, espera-se que o Spot seja capaz de se comunicar com um modem no padrão 802.11p tão logo esses aparelhos sejam lançados.

É possível conectar adaptadores Bluetooth ao Spot e montar e gerenciar redes do tipo *piconet*. Atualmente, o sistema se comunica com telefones celulares e com o dispositivo GPS utilizado no protótipo através de conexão Bluetooth.

## 6. ESTUDO DE CASO

O sistema DIY utilizado no trabalho (Spot) já se encontra construído. Suas especificações de hardware, para análise de arquitetura e desempenho são as seguintes:

- Placa-mãe: Intel D945GCLF2;
  - Fator de forma Mini-ITX, 17cm x 17cm;
  - 4 portas USB traseiras e 2 frontais;
  - Conexões serial, paralela, VGA e S-Video/Composite;
  - Chipset de vídeo Intel GMA 950;
  - Conexão de rede ethernet gigabit;
  - Áudio de alta definição Realtek integrado;
  - Barramento para memória RAM com suporte a frequências de 533 e 667 MHz;
- Processador: Intel ATOM 330;
  - Arquitetura: x64;
  - Clock de 1,6 GHz;
  - Dois núcleos;
  - Tecnologia Hyper-threading;
  - 512 kB de memória cache nível 2;
- Memória: 2 gigabytes de RAM;
- Exibição: 1 monitor de 7 polegadas Momo UM-740;
  - Conta com câmera e microfone de alta sensibilidade integrados;
  - Sensível ao toque;

- Alimentado pela porta USB;
- Armazenamento:
  - 1 Disco rígido;
    - Originalmente de um notebook da marca Acer;
    - Sistema de amortecimento de choques;
    - Capacidade de armazenamento de até 80 gigabytes;
    - 2.5 polegadas de largura;
  - 1 Dispositivo de estado sólido;
    - Capacidade de armazenamento de até 4 gigabytes;
    - Por não possuir partes móveis, sua resistência a vibrações e choques e a velocidade de acesso a dados são superiores a dos discos rígidos;
  - 1 Drive óptico;
    - Fator de forma Slim (semelhante ao de notebooks);

Para a alimentação elétrica do sistema, é utilizada uma unidade de suprimento M2-ATX. A unidade recebe tensão da bateria do carro, e suporta voltagens de entrada na faixa de 6 a 24 Volts – suficiente para suportar todos os picos e a maioria das quedas de tensão de uma bateria de carro comum. É capaz de fornecer até 160 Watts para a placa mãe. A chave de ligação/ativação do computador de bordo, equivalente ao botão de ligar e desligar de um computador de mesa, é conectada à ignição do carro. Assim, o computador é ligado quando se dá a partida ou meia-chave, e desligado quando se volta a chave à posição de retirada.

Os periféricos utilizados neste sistema são um chaveiro Bluetooth, um modem 3G (da operadora TIM) para acesso a Internet via rede de telefonia celular, uma tela automotiva de sete polegadas sensível a toque e teclado sem fio com *touchpad* integrado. Para saída sonora, o computador de bordo será integrado ao sistema de som do carro.

O carro onde o sistema Spot se encontra instalado é um Peugeot 206 Soleil, de fabricação francesa, ano 2001. Uma segunda instalação do Spot com as mesmas características está sendo feita em um Peugeot 207 Passion, de fabricação nacional, ano 2009.

Os serviços de software do sistema Spot se encontram em construção.

## **7. RESULTADOS**

De posse de um protótipo do Spot, foi possível compará-lo com outros sistemas de computação de bordo. As características de cada sistema, apresentadas nos capítulos 2 e 5, foram organizadas de forma tabular para comparação qualitativa entre os sistemas Spot, Blue & Me, Ford Work Solutions e BMW ConnectedDrive. Os resultados das comparações foram organizados pelas quatro áreas abordadas no trabalho e seguem abaixo.

### **7.1 Segurança**

Como se vê na tabela 1, o Spot apresenta diversos mecanismos de segurança veicular que o tornam comparável aos sistemas embarcados considerados no estudo. Além dos mecanismos mencionados neste trabalho, é possível adicionar novos. Para isso é necessário conectar os sensores e atuadores necessários e instalar o software que faça o controle dos sistemas extras.

No entanto, por não ser testado em laboratórios automotivos e por estar sujeito a condições de falha de software, os dispositivos de segurança do Spot não são tão confiáveis quanto os de sistemas embarcados.

Em caso de falha do sistema operacional, todos os dispositivos do Spot param de funcionar. Por esse motivo não foi implementada nenhuma funcionalidade que altere parâmetros de funcionamento da central eletrônica do carro, nem se recomenda que esse tipo de trabalho seja feito.

Tabela 1 - Comparativo entre Características de Segurança de Sistemas de Computadores de Bordo

|                                   | Fiat Blue & Me   | Ford Work Solutions  | BMW ConnectedDrive   | Spot   |
|-----------------------------------|--|--|--|--|
| Airbags                           | Opcionais (obrigatórios a partir de 2014), ACU não integrada ao sistema. | Opcionais (obrigatórios a partir de 2014), ACU não integrada ao sistema. | Opcionais (obrigatórios a partir de 2014), ACU não integrada ao sistema. | O spot não possui nenhuma funcionalidade ou hardware relacionados aos <i>airbags</i> . A integração com a ACU, caso o carro possua, é possível, porém não recomendável (exceto para pesquisa). |
| Controle de direção               | Não possui.  | Não possui.  | Não possui.  | Não possui.  |
| Rastreamento                      | Não possui.  | Possui, através do pacote Chief Crew.                                    | Possui, através do BMW Tracking e do BMW Assist.                         | Possui, integrado ao Google Maps e à rede de telefonia celular.  |
| Diagnóstico de bordo              | Não possui.  | Possui.  | Possui, através do BMW Teleservices.                                     | Possui.  |
| Telemetria                        | Não possui.  | Possui, através do Ford Crew Chief.                                      | Possui, através do BMW Teleservices.                                     | Em implementação, não será concluída até o fim deste projeto.  |
| Viva voz                          | Possui.  | Possui.  | Possui.  | Possui, mas depende de software de terceiros.  |
| Chamada de Emergência             | Não possui.  | Possui, através do Ford Crew Chief.                                      | Possui, através do BMW Teleservices.                                     | Possui, através da Internet, e está planejado o uso do padrão 802.11p quando este for lançado.   |
| Avaliação da atenção do Motorista | Não possui.  | Não possui.  | Não possui.  | Possui apenas o hardware necessário, sendo possível prover a funcionalidade com software de terceiros.   |
| Tempo de Resposta                 | Não se Aplica.   | Imediato.  | Imediato.  | Depende da carga do sistema.   |

## 7.2 Auxílio a Navegação

Como se vê na tabela 2, para o auxílio a navegação, o Spot se mostrou comparável a dois dos três sistemas embarcados considerados no trabalho. Apenas o sistema de navegação da Fiat, Blue & Me Nav, oferece menos recursos nessa área.

O Spot segue o padrão da BMW para auxílio a navegação, utilizando ferramentas do Google para atualização e marcação de pontos de interesse e rotas. A BMW se destaca por contar com profissionais alocados para o auxílio a navegação também via telefone, integrando seu serviço telefônico com o sistema via Internet. Já o Spot se diferencia por permitir que seus

usuários troquem informações de geolocalização de forma instantânea com outros usuários do Google Maps, mesmo com pessoas que não dispõem de um sistema equivalente ao Spot.

Tabela 2 – Comparativo entre Características de Auxílio a Navegação de Sistemas de Computadores de Bordo

|                                    | <b>Fiat Blue &amp; Me</b>  | <b>Ford Work Solutions</b>                                      | <b>BMW ConnectedDrive</b>   | <b>Spot</b>  |
|------------------------------------|----------------------------|---|---|--|
| GPS                                | Possui, embarcado.         | Possui, embarcado.  | Possui, embarcado.  | Possui software para uso de GPS. O protótipo utiliza um dispositivo de mercado que pode ser substituído. |
| Visualização de Mapas <sup>1</sup> | Possui.                    | Possui.   | Possui.   | Possui.  |
| Sistema de Atualização de Mapas    | Carga via dispositivo USB. | Atualização online pelos servidores da Garmin, requer registro. | Possui, integrado a um sistema próprio do Google e via rede de telefonia celular.           | Possui, integrado ao Google Maps e à rede de telefonia celular.  |
| Pontos de Interesse                | Possui.                    | Possui.   | Possui.   | Possui, com possibilidade de compartilhamento online.  |
| Cálculo de Rotas                   | Possui.                    | Possui.   | Possui, inclusive com assistência de profissionais da BMW.                                  | Possui.  |
| Registro de Rotas                  | Não possui.                | Possui.   | Possui.   | Possui, com possibilidade de compartilhamento online.  |
| Informações de Tráfego e Tempo     | Não Possui.                | Possui, indica também preços de combustíveis em postos.         | Possui. Em algumas cidades européias, também dá informações sobre vagas em estacionamentos. | Possui.  |

### 7.3 Entretenimento

Das quatro áreas analisadas neste trabalho, é nesta que o Spot mais se destaca.

O Blue & Me Nav, da Fiat, e o Ford Work Solutions, da Ford, oferecem como opção de entretenimento apenas a reprodução de áudio. O sistema da BMW possui software

---

<sup>1</sup> É possível ter GPS no carro sem que hajam mapas para visualização. Nesse caso, o sistema pode indicar via leitura em voz alta a posição do carro, bem como dar instruções por voz sobre por onde seguir.



específico de multimídia apenas para áudio, embora seja possível assistir vídeos a partir do navegador. Nenhum desses sistemas permite a reprodução de vídeo de DVD's. Nenhum desses sistemas é expansível, nem permite realizar ajustes para se adequar ao gosto do usuário.

Enquanto os sistemas embarcados oferecem funcionalidades em pacotes fechados, o Spot permite a instalação de praticamente qualquer software disponível para os principais sistemas operacionais de mercado (Windows, Linux, BSD, Solaris etc.). O uso de hardware de *laptops* e computadores de mesa dá ao Spot um nível de desempenho superior ao dos demais sistemas, que são baseados em arquiteturas de hardware utilizadas em telefones celulares. Isso permite executar aplicações que exigem mais do sistema, como o Winamp e jogos de computador. Além disso, as interfaces do Spot permitem utilizar como entrada outros aparelhos além de mouse, teclado e dispositivos de armazenamento. Todos esses fatores ampliam o leque de opções de entretenimento disponíveis para o sistema. É possível reproduzir qualquer conteúdo multimídia, inclusive a partir de DVD's ou via Bluetooth. Também é possível utilizar programas de bate-papo, e realizar ajustes como equalização e adição de efeitos no sistema de som do carro.

Na figura 13, vê-se uma passageira usando um videogame através do Spot, conforme o projeto de Datzov (2006).

A capacidade de armazenamento do protótipo do Spot é similar a de certos dispositivos de reprodução de áudio como o iPod. Os softwares instalados e a interface com o usuário permitem a melhor organização dos arquivos e a criação de listas de reprodução para ocasiões específicas, ou por usuário conectado. Por fim, diferente dos dispositivos móveis que requerem conexão com um terminal para receber seu conteúdo, o Spot é capaz de receber o conteúdo multimídia a ser reproduzido diretamente da fonte via Internet.

Todas as características de entretenimento mencionadas estão relacionadas na tabela 3.

Tabela 3 – Comparativo entre Características de Entretenimento de Sistemas de Computadores de Bordo

|                                    | <b>Fiat Blue &amp; Me</b>                               | <b>Ford Work Solutions</b>                      | <b>BMW ConnectedDrive</b>  | <b>Spot</b>   |
|------------------------------------|---|---|--|---|
| Armazenamento de multimídia.       | Não possui, mas lê dispositivos de armazenamento.       | 4 GB  | 8 GB (o sistema conta com disco rígido capaz de armazenar 40 GB, mas o sistema operacional de bordo e os mapas para navegação ocupam 32 GB na instalação padrão) | Variável (84 GB no protótipo)   |
| Reprodução de Multimídia           | Possui, apenas para áudio.                              | Possui, apenas para áudio.                      | Possui, para áudio e vídeo. Porém, vídeos podem ser carregados apenas via Internet.  | Possui, para áudio e vídeo, inclusive via Internet.   |
| Ajuste Sonoro                      | Não possui.   | Não possui.                                     | Não possui.  | Possui, através dos drivers da placa de som Realtek. Também é possível utilizar software de terceiros. O Spot permite a equalização e aplicação de efeitos em até oito canais de som. |
| Compartilhamento Online            | Não possui.   | Não possui.                                     | Não possui.  | Permite o compartilhamento através da instalação de software específico.  |
| Integração com Dispositivos Móveis | Possui, podendo pairar com telefones celulares ou Zune. | Possui, podendo pairar com telefones celulares. | Possui, podendo pairar com telefones celulares.  | Possui, podendo pairar com qualquer dispositivo via Bluetooth.  |
| Jogos                              | Não possui.   | Não possui.                                     | Pode carregar jogos em Flash pelo navegador embarcado.   | Dispõe dos jogos que forem instalados no sistema.   |
| Demais Ferramentas para Lazer      | Não possui.   | Não possui.                                     | Não possui.  | Permite o uso de ferramentas de bate-papo e uso de joysticks para videogames.   |

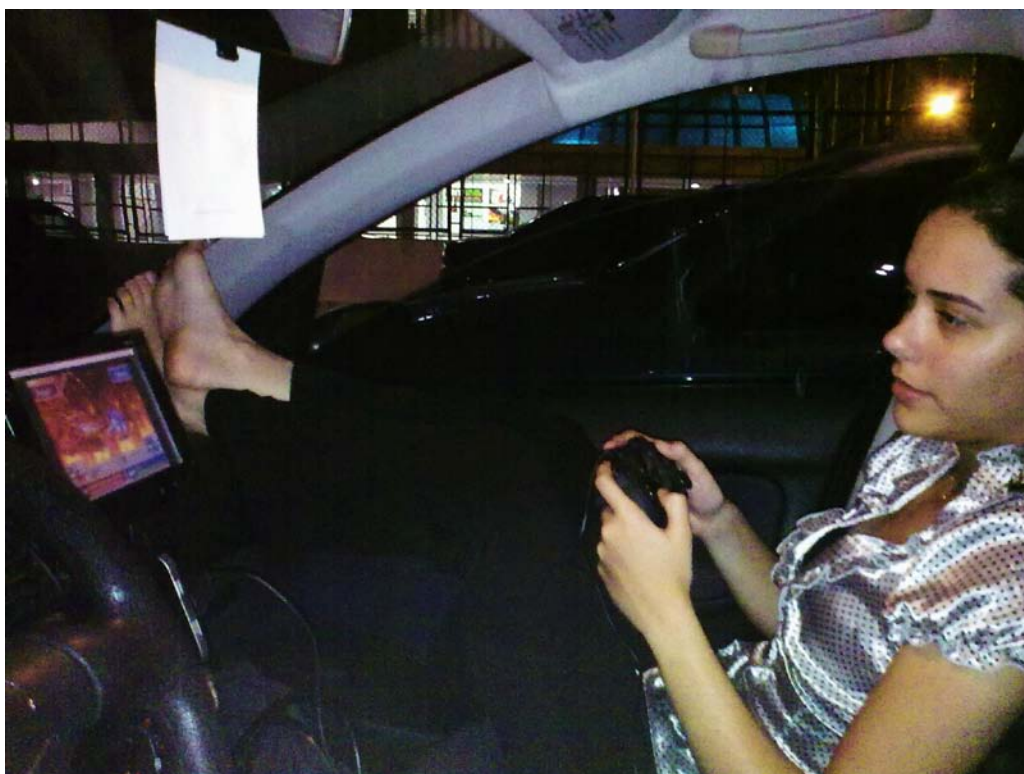


Figura 13: Passageira utilizando sistema de videogame e controle de Playstation 3 no carro.

#### 7.4 Conectividade

Todos os sistemas utilizam a tecnologia Bluetooth de alguma forma para conexão com dispositivos móveis. Exceto pelo sistema Blue & Me, todos os sistemas possuem alguma forma de conectividade com a Internet. As características de conectividade estão relacionadas na tabela 4.

Para os sistemas Ford Work Solutions e BMW Online (subsistema da BMW), o acesso é feito via rede telefônica celular. Esses sistemas permitem o uso de email. O sistema da Ford possui um navegador utilizado também em telefones celulares e não é capaz de utilizar todos os recursos da HTML. Também não é possível instalar outros navegadores. O navegador utilizado pela BMW, no entanto, possui todas as capacidades dos navegadores atuais para computadores de mesa. Até o fim deste trabalho, não foi possível especificar qual navegador é utilizado no sistema da BMW.

O Spot possui as funcionalidades de conectividade já listadas. Além disso, possui interfaces para redes nos padrões Ethernet e Wi-Fi nos padrões disponíveis até Novembro de 2009. Futuramente, o Spot oferecerá também suporte ao padrão 802.11p, a tecnologia de acesso a redes sem fio via rádio para veículos. Outro padrão de comunicação entre

dispositivos, CAN, é suportado por todos os sistemas exceto o Blue & Me Nav. Esse padrão é utilizado pelo computador de bordo para realizar diagnóstico de bordo. No entanto, o uso desse padrão é fechado nos sistemas da Ford e da BMW. No Spot, é possível ler as informações da central eletrônica e trocar dados com os módulos do carro (ignição, autenticador da chave, injeção eletrônica etc.) através da interface OBD. Também é possível programar novas funcionalidades que utilizem essa interface.

Uma vez que o Spot oferece a possibilidade da instalação de *softwares* além do padrão embarcado, e por utilizar sistemas operacionais de computadores de mesa, é possível gerenciar mais funcionalidades das redes formadas e do acesso a Internet, como *firewalls* e *proxies*. Também é possível formar redes ponto a ponto, ou utilizar serviços de voz sobre IP (VoIP).

Tabela 4 - Comparativo entre Características de Conectividade de Sistemas de Computadores de Bordo

|  | <b>Fiat Blue &amp; Me</b>           | <b>Ford Work Solutions</b>   | <b>BMW ConnectedDrive</b>  | <b>Spot</b>  |
|--|-------------------------------------|--|--|--|
| Internet                                 | Não possui.                         | Possui, via rede telefônica celular.   | Possui, via rede telefônica celular.   | Possui, via rede telefônica celular ou através de rede Wi-Fi ou Ethernet para carro estacionado. |
| Bluetooth                                | Possui.                             | Possui.  | Possui.  | Possui.  |
| IEEE 802.11, padrões 'a', 'b', 'g' e 'n' | Não possui.                         | Não possui.  | Não possui.  | Possui, através de adaptador conectado a uma porta USB.  |
| VoIP                                     | Não possui.                         | Não possui.  | Não possui.  | Possui, através de Skype.  |
| Integração com Dispositivos Móveis       | Possui, através de Bluetooth e USB. | Possui, através de Bluetooth.  | Possui, através de Bluetooth.  | Possui, através de Bluetooth, USB, Ethernet e Wi-Fi.   |
| Ethernet                                 | Não possui.                         | Não possui.  | Não possui.  | Possui.  |
| CAN                                      | Não possui                          | Possui, mas não permite o uso por parte do usuário ou software de terceiros. | Possui, mas não permite o uso por parte do usuário ou software de terceiros. | Possui, através do ElmScan 5.  |

## 8. CONCLUSÕES

Observando os componentes disponíveis no mercado e o período no qual foram lançados, vê-se que o uso de computadores em carros tende a se tornar ubíquo, como já é hoje o uso de computadores em vários outros aspectos do dia-a-dia. Os componentes eletrônicos para computação de bordo se desenvolvem rapidamente e devem alcançar o nível de sofisticação dos computadores de mesa em poucos anos. Com uma abordagem *Do It Yourself*, no entanto, essa sofisticação já pode ser alcançada atualmente.

A popularização do uso de computadores integrados a carros deverá abrir o mercado para soluções personalizadas ou feitas pelos próprios motoristas. Independente de como o computador seja instalado no veículo, sua presença muda a forma como o motorista se relaciona com o carro. Uma riqueza de informações, das quais muitas já estavam disponíveis na central eletrônica, agora se torna acessível no painel. Essas informações já são utilizadas atualmente, para navegação e manutenção do carro, e a tendência é que o volume de dados disponíveis ao condutor aumente a cada geração de veículos. Em contrapartida, processar essa informação requer esforço também por parte do motorista, e os desvios de atenção para interação com a máquina introduzem novos riscos ao volante.

No caso específico de computadores de bordo como o construído para este trabalho, que são adaptações de computadores de mesa e *laptops* para um carro, a quantidade de funcionalidades e informações disponíveis pode ser maior do que o motorista é capaz de usar.

Essa afirmação é válida mesmo se considerarmos apenas as funcionalidades e informações relacionadas a direção.

## **8.1 Avaliação dos Resultados**

Um protótipo de sistema amador, denominado Spot, foi construído para que pudesse ser comparado aos sistemas de mercado. Embora não tenha o mesmo nível de integração com o carro, confiabilidade e segurança que os sistemas embarcados de mercado, o Spot se mostrou similar aos demais sistemas no auxílio a navegação, e mais apropriado para entretenimento e aplicações que requerem conectividade. A mesma qualificação pode ser percebida nos trabalhos de Datzov (2006) e Harper (2006), que não se destacam pela segurança, mas se concentram no entretenimento (e na conectividade, no caso de Harper). Isso não é necessariamente uma tendência ou particularidade dos projetos amadores, mas provavelmente influência dos trabalhos amadores estudados sobre o protótipo deste trabalho.

Com relação a segurança na direção e usabilidade, a literatura sugere que o meio mais seguro de se operar um computador de bordo é através de tela sensível a toque. Essa forma de entrada seria mais segura do que o uso de teclas em alto relevo. O Spot dispõe de tela sensível a toque e teclado com teclas especiais para multimídia, de forma que é possível comparar os dois usos. Tal comparação não foi realizada para esse estudo, mas motoristas que experimentaram o Spot relataram se sentir mais seguros com o uso do teclado. Em nenhum momento o teclado causou problemas à direção, mas o uso da tela sensível a toque levou à impressão de aumentar os riscos de acidentes em alguns momentos do estudo.

## **8.2 Trabalhos Futuros**

Como trabalhos futuros sugere-se:

- Uma reavaliação da comparação da segurança das diferentes formas de entrada do usuário para computadores de bordo;
- O uso de redes de computador veiculares *ad hoc* para aplicações P2P;
- A proposição de novas formas de instalação de computadores de bordo para se conseguir uma melhor usabilidade.

## 9. BIBLIOGRAFIA

AIR RESOURCES BOARD, STATE O. C. **Title 13, Section 1968.1.** [S.l.]. 1989.

ALLPAR, LLC ONLINE. **The Chrysler Lean Bur engine control system.** Allpar.com. Disponível em: <<http://www.allpar.com/mopar/lean-burn.html>>. Acesso em: 14 mar. 2009.

ARM LTD ONLINE. ARM11 - ARM Processor Family. **ARM - The Architecture for the Digital World.** Disponível em: <<http://www.arm.com/products/CPUs/families/ARM11Family.html>>. Acesso em: 24 mai. 2009.

AUTOESPORTE. **Dirija com a Ajuda dos Satélites.** Autoserviços, 2009. Disponível em: <<http://www.revistaautoesporte.globo.com/Revista/Autoesporte/0,EMI20094-10337,00.html>>. Acesso em: 11 nov. 2009.

BACH, Kenneth M.; JÆGER, Mads G.; SKOV, Mikael B.; THOMASSEN, Nils G. **You can touch, but you can't look: interacting with in-vehicle systems.** Proceeding of the twenty-sixth annual SIGCHI conference on Human factors in computing systems. Florência, Itália: ACM. 2008. p. 1139-1148.

BALON, Nathan; GUO, Jinhua. **Increasing Broadcast Reliability in Vehicular Ad Hoc Networks.** Proceedings of the 3rd international workshop on Vehicular ad hoc networks. Los Angeles: ACM. 2006. p. 104-105.

BMW ONLINE. **BMW ConnectedDrive: Introduction**. BMW. Disponível em: <<http://www.bmw.com/com/en/insights/technology/connecteddrive/overview.html>>. Acesso em: 23 mai. 2009.

CARNEGIE MELLON TARTAN RACING. **Boss At a Glance**. Pittsburgh, Pennsylvania, Estados Unidos. 2007.

CNET TV. **BMW in-car Internet**. 3 jul. 2008. Disponível em: <[http://cnettv.cnet.com/bmw-car-internet/9742-1\\_53-32463.html?tag=mnco;txt](http://cnettv.cnet.com/bmw-car-internet/9742-1_53-32463.html?tag=mnco;txt)>. Acesso em: 25 nov. 2009.

CONGRESS, US. **US Clean Air Act of 1970**. [S.l.]: [s.n.], 1970.

CONTRAN. Resolução N° 242, 22 jul. 2007.

DATZOV, Nick. **Ultimate Car Entertainment System: The Carputer**. Crossroads, p. 12-12, dezembro 2006.

DEFENSE SCIENCES OFFICE. **Precision Inertial Navigation Systems**. Disponível em: <<http://www.darpa.mil/dso/thrusts/physci/newphys/pins/index.htm>>. Acesso em: 30 out. 2009.

DENATRAN. **Os Jovens e o Trânsito**. DENATRAN - Departamento Nacional de Trânsito. Disponível em: <[http://www.denatran.gov.br/eventos/seminarios/jovem/apresentacoes/ANALISE\\_PESQUISA.ppt](http://www.denatran.gov.br/eventos/seminarios/jovem/apresentacoes/ANALISE_PESQUISA.ppt)>. Acesso em: 30 out. 2009.

EPA, U.S. ONLINE. **History | Clean Air Act | US EPA**. U.S. Environmental Protection Agency, 19 dez. 2008. Disponível em: <[http://www.epa.gov/air/caa/caa\\_history.html](http://www.epa.gov/air/caa/caa_history.html)>. Acesso em: 2009 abr. 25.

FIAT AUTOMOBILES ONLINE. **Fiat / Showroom / Bravo**. Fiat. Disponível em: <[http://www.fiat.com/cgi-bin/pbrand.dll/FIAT\\_COM/showroom/showroom.jsp?categoryOID=-1073763035](http://www.fiat.com/cgi-bin/pbrand.dll/FIAT_COM/showroom/showroom.jsp?categoryOID=-1073763035)>. Acesso em: 23 mai. 2009.

FISHER, Wayne. **Development of DSRC/WAVE Standards**. Annapolis: IEEE, 2007.



FORD MOTOR COMPANY ONLINE. **Ford Work Solutions**. Ford Work Solutions, 2009. Disponível em: <<http://www.fordworksolutions.com/>>. Acesso em: 23 mai. 2009.

GARMIN INTERNATIONAL, INC. **Garmin Navigation for Ford Work Solutions Owner's Manual**. Olathe, Kansas, Estados Unidos. Ago. 2008.

GERLA, Mario; ZHOU, Biao; LEE, Yeng-Zhong; SOLDI, Fabio; LEE, Uichin; GUSTAVO, Marfá. **Vehicular Grid Communications: the Role of the Internet Infrastructure**. Proceedings of the 2nd annual international workshop on Wireless Internet. Boston, Massachusetts: ACM. 2006.

GWENNAP, Linley. **Linux on Wheels: A New Opportunity**. Linux Journal, 2000.

HARPER, Gavin D. J. **Build Your Own Car PC**. [S.l.]: McGraw-Hill/TAB Electronics, 2006.

INTEL CORPORATION ONLINE. **Intel® 64 Architecture**. Intel® Developer Center. Disponível em: <<http://developer.intel.com/technology/intel64/index.htm>>. Acesso em: 24 mai. 2009.

JONSSON, Ing-marie; HARRIS, Helen; NASS, Clifford. **How Accurate Must an In-Car Information System be? Consequences of Accurate and Inaccurate Information in Cars**. Proceeding of the twenty-sixth annual SIGCHI conference on Human factors in computing systems. Florência: Itália. 2008. p. 1665-1674.

JONSSON, Ing-marie; MARTYN, Christian. **Automatic Recognition Of Affective Cues In The Speech Of Car Drivers To Allow Appropriate Responses**. Proceedings of the 17th Australia conference on Computer-Human Interaction: Citizens Online: Considerations for Today and the Future. Canberra: Computer-Human Interaction Special Interest Group. 23-25 novembro 2005. p. 1-10.

KIENCKE, Uwe. **Automotive Serial Controller Area Network**. [S.l.]: [s.n.], 1986. Disponível em: <<http://www.sae.org/technical/papers/860391>>.

KOHL, Nate; STANLEY, Kenneth; MIIKKULAINEN, Risto; SAMPLES, Michael; SHERONY, Rini. **Evolving a Real World Vehicle Warning System**. Proceedings of the 8th

annual conference on Genetic and evolutionary computation. Seattle: ACM. julho 2006. p. 1681-1688.

JAMES, Jeff. **The Mobile Workforce: An Interview with the Microsoft Automotive Business Unit.** Windows IT Pro, 27 mar. 2009. Disponível em: <<http://windowsitpro.com/article/articleid/101778/the-mobile-workforce-an-interview-with-the-microsoft-automotive-business-unit.html>>. Acesso em: 13 nov. 2009.

MICROSOFT CORPORATION ONLINE. **Microsoft Auto - Ford SYNC.** Microsoft, 2009. Disponível em: <<https://www.microsoft.com/auto/customers/ford.msp>>. Acesso em: 23 mai. 2009.

MOBILETECHNEWS. **Sprint Takes Ford 150 Equipped With Ford Work Solutions Apps On The Road.** 23 jul. 2009. Disponível em: <<http://www.mobiletechnews.com/info/2009/07/23/020742.html>>. Acesso em: 12 out. 2009.

NAKATA, Takayuki; TAKEUCHI, Jun-Ichi. **Mining Traffic Data from Probe-Car System for Travel Time Prediction.** Proceedings of the tenth ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining. Seattle: ACM. 2004. p. 817-822.

NATIONAL ARCHIVES AND RECORDS ADMINISTRATION. **U.S. Global Positioning Policy.** Washington DC, Estados Unidos. 29 mar. 1996.

NATIONAL HIGHWAY TRAFFIC SAFETY ADMINISTRATION. **Federal Motor Vehicle Safety Standard 208.** Washington DC, Estados Unidos.

NISSAN MOTOR CO., LTD. **Datsun 280Z Service Manual.** Tokyo: [s.n.], 1977.

OLARIU, Stephan. **Peer-to-peer Multimedia Content Provisioning for Vehicular Ad Hoc Networks.** Proceedings of the 3rd ACM workshop on Wireless multimedia networking and performance modeling. Chania, Creta (Grécia): ACM. 2007. p. 1.

ONIXSAT RASTREAMENTO DE VEÍCULOS LTDA. **Apostila - Software Enterprise.** Londrina: [s.n.], 2008.

POWERFUL MOTORSPORTS ONLINE. **Powerful Motorsports - Chip Tuning - chips de Potência.** Powerful Motorsports. Disponível em: <<http://www.powerful.com.br/empresa.asp>>. Acesso em: 23 mai. 2009.

PRETSCHNER, Alexander; BROY, Manfred; KRÜGER, Ingolf; STAUNER, Thomas. **Software Engineering for Automotive Systems: A Roadmap.** Minneapolis: IEEE Computer Society. 2007. p. 55-71.

SCHULTZ, R. J. **Emission Control At Gm.** [S.l.]: SAE - Society of Automotive Engineers, 1978.

SILVA, Leonardo D. F.; SILVA, Aristófanés C.; PAIVA, C. P. **Utilização de Técnicas de Processamento de Image m e Máquina de Vetor de Suporte Para Detecção do Nível de Desatenção em Motoristas de Automóveis.** SIBGRAPI 2009. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica. 2009. p. 6.

WIRED.COM. **The Great Brazilian Sat-Hack Crackdown.** Wired, 20 Abril 2009. Disponível em: <<http://www.wired.com/politics/security/news/2009/04/fleetcom>>. Acesso em: 5 nov. 2009.

ZAJICEK, Mary; JONSSON, Ing-Marie. **Evaluation and Context for In-car Speech Systems for Older Adults.** Cuernavaca: ACM. 23-26 outubro 2005.

ZIFF DAVIS ENTERPRISE HOLDINGS INC. **Ford pickups get in-dash Windows CE computers, RFID.** WindowsForDevices.com, 6 fev. 2008. Disponível em: <<http://www.windowsfordevices.com/news/NS6767269352.html>>. Acesso em: 15 mar. 2009.