

Sistemas Produtivos e Desenvolvimento Profissional: Desafios e Perspectivas

O Uso da Visão Computacional em Sistemas de Estacionamento Automático: Uma Análise Comparativa

Nathan Cirillo e Silva

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – São Paulo – Brasil
nathan_cirillo@hotmail.com

Antonio César Galhardi

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – São Paulo – Brasil
prof.galhardi@fatecjd.edu.br

Resumo: Os conceitos de visão computacional aliada à computação embarcada em veículos foram detalhados neste trabalho. O artigo apresenta uma análise comparativa de um dos sistemas embarcados automotivos que utilizam visão computacional, que é o sistema de estacionamento automático. Para isso, foram escolhidos cinco sistemas de diferentes fabricantes de automóveis, os quais foram analisados a fim de evidenciar seus pontos fortes e fracos. Por fim, elegeram-se o melhor sistema entre eles.

Palavras-chave: Visão Computacional, Computação Embarcada, Sistema de Estacionamento Automático.

Abstract: The computer vision concepts coupled with the embedded computing in vehicles have been detailed in this paper. The article presents a comparative analysis of the automotive embedded systems that use computer vision, which is the automatic parking system. For this, they chose five different automakers systems, which were analyzed in order to highlight their strengths and weaknesses. Finally, he was elected the best system among them.

Keywords: Computer Vision, Embedded Computing, Self-Parking System.

1. Introdução

Os acidentes de trânsito envolvendo pedestres, ciclistas, motociclistas e veículos poderiam em boa parte ser evitados se houvesse um Sistema de Auxílio aos Motoristas que os alertassem sobre possíveis perigos. Grande parte dos acidentes é ocasionada por falta de atenção do motorista ou do próprio pedestre, ou até pelo fato de acontecer inesperadamente devido a diversas circunstâncias, não havendo tempo de uma reação de um dos lados, ou de ambos.

A Visão Computacional aliada a Computação Embarcada Automotiva pode aprimorar os Sistemas de Assistência ao Motorista, alertando e ajudando o condutor em tarefas específicas com o veículo, proporcionando assim maior conforto e segurança. Os avanços tecnológicos estão ocorrendo muito rapidamente, fazendo com que novos serviços de auxílio ao motorista surjam; além de aperfeiçoar os já existentes.

O problema de pesquisa se refere a visitar as mais recentes evoluções do campo da visão computacional, relacionando-a a computação embarcada automotiva. Este artigo foca um sistema, atualmente em grande evidência, que é o Sistema de Estacionamento Automático. A justificativa para esse trabalho é a falta de literatura nacional sobre o assunto, e o fato de ser um tema com grande relevância e inovação.

O objetivo geral é apresentar uma comparação entre alguns sistemas de Estacionamento Automático presentes nos veículos no mercado nacional. Os objetivos específicos são: apresentar as diferentes funcionalidades presentes nesses sistemas; fazer uma avaliação de cada desses sistemas apresentando os seus prós e contras; construir um ranking destes sistemas e eleger o sistema mais recomendado, do ponto de vista da interface homem-máquina.

2. Referencial Teórico

A computação embarcada pode ser considerada um sistema computacional com propósitos específicos. Tal sistema possui dimensões reduzidas e funciona de forma autônoma (HEINEN; JUNG; KELBER; OSÓRIO, 2005). Steve Health (2003) define os sistemas embarcados como sendo um sistema baseado em um microprocessador, que é projetado para controlar uma função ou uma gama de funções. Já a IEEE (1990), os define como sendo um sistema computacional que faz parte de um sistema maior e que implementa alguns dos requerimentos deste sistema.

Para que os dispositivos embarcados sejam capazes de realizar tarefas é necessária à utilização de um software que fica alocado em seu interior, este software se chama *firmware*. Além disso, estes dispositivos são compostos por uma unidade de processamento, que é um circuito integrado, fixado a um circuito impresso (ANDRADE; OLIVEIRA, 2011).

Os sistemas embarcados possuem uma série de características que os distinguem dos computadores pessoais. Dentre as principais delas, destacam-se:

- a) **São dedicados a tarefas específicas enquanto PCs são plataformas genéricas de computação:** Esta característica tem impacto principalmente no poder computacional da máquina. Os PCs devem poder

rodar um grande número de aplicativos, com diferentes exigências de processamento, mantendo um bom desempenho, enquanto os sistemas embarcados precisam realizar apenas uma ou poucas tarefas bem específicas (ZURITA, 2011).

- b) **São suportados por uma vasta gama de processadores e arquiteturas de processadores:** Atualmente, existem várias empresas que disputam o mercado de microprocessadores e microcontroladores. Naturalmente, um grande leque de opções aumenta o grau de liberdade de escolha dos projetistas, mas também requer deles conhecimento adequado para encontrar as soluções mais apropriadas a cada projeto (ZURITA, 2011).
- c) **São geralmente sensíveis aos custos:** A maior parte dos sistemas embarcados possui menos componentes e custam bem menos do que um PC. O impacto nos custos da adição de componentes é bem mais significativo em um sistema que possui dezenas deles do que em um que possui centenas (ZURITA, 2011).
- d) **Possuem requisitos de tempo real:** Os sistemas embarcados geralmente podem ser divididos em dois grupos: os que possuem requisitos de “tempo sensível” e os que possuem requisitos de “tempo crítico”. As tarefas de tempo crítico são intolerantes a atrasos, devem ser realizadas dentro de um intervalo preciso de tempo ou a tarefa falha. (CARRO; WAGNER, 2003).
- e) **Quando utilizam um sistema operacional, este é quase sempre um Sistema Operacional de Tempo Real:** A principal diferença entre um sistema operacional de Tempo Real (RTOS – *Real Time Operating System*) e um sistema operacional convencional, é que em um RTOS, a importância da finalização de uma tarefa, é um valor que varia com o tempo (CARRO; WAGNER, 2003).
- f) **Sistemas operacionais modernos utilizam prioridades nas tarefas:** Quando ocorre a execução de múltiplas tarefas, a tarefa com a maior prioridade é executada primeiro, em seguida é executado a segunda tarefa de maior prioridade e assim por diante (ANDRADE; OLIVEIRA, 2011).
- g) **As implicações de uma falha de software são muito mais severas do que em um desktop:** Muitos sistemas embarcados interagem com o ambiente ou seres humanos, como é o caso de sistemas de vida-críticos (*life-critical systems*), por exemplo.
- h) **Costumam ter restrições no consumo de energia:** Ao contrário dos PCs, grande parte dos sistemas embarcados é alimentada unicamente por pequenas baterias. Neles, uma pequena redução no consumo de energia pode estender a duração das baterias por dias ou meses (ZURITA, 2011).
- i) **Devem operar em condições ambientais extremas:** O fato de ser portátil faz com que muitos sistemas embarcados sejam capazes de suportar as mesmas condições que seus usuários ou sistemas receptores. Os requisitos ambientais de operação geralmente têm consequências diretas no hardware e às vezes até mesmo no software (CARRO; WAGNER, 2003).
- j) **Seus recursos de sistema são extremamente menores do que os de um desktop:** Para um sistema embarcado na maior parte deles a memória RAM não chega a quinhentos *bytes*, todo o software deve caber em alguns poucos *kilobytes* e rodar em um processador cujo *clock* mal chega a 20 MHz. A quantidade de teclas é bastante limitada fazendo com que

precisem acumular funções. Muitos não têm sequer um *display* e a interface com o usuário se dá através de LEDs e sons. Uma simples operação matemática pode consumir 1% ou 70% da memória em um dado microcontrolador, dependendo apenas da forma como é escrita (ZURITA, 2011).

- k) **Geralmente todo seu programa fica armazenado em uma ROM:** Esta característica pode parecer sem importância, mas não é. Ter o seu código armazenado em uma ROM impõe severas limitações ao sistema. A primeira, diz respeito ao tamanho do código. A outra está ligada aos métodos usados para projetá-lo (ANDRADE; OLIVEIRA, 2011).
- l) **Requerem ferramentas e métodos especializados para serem eficientemente projetados:** O fato dos sistemas embarcados serem compostos por hardware e software integrados exige mudanças na sua forma de concepção, teste e depuração, em relação a um projeto de hardware e a um projeto de software, feitos isoladamente. Muitas vezes, é necessário projetar uma plataforma que emule o sistema no qual o sistema embarcado será integrado paralelamente ao projeto deste, para ser usado nas etapas de teste e depuração (ZURITA, 2011).
- m) **Microprocessadores embarcados geralmente possuem circuitos dedicados para depuração:** A depuração do código programado em uma ROM encontra sérias dificuldades. Por essa razão, microprocessadores voltados para aplicações embarcadas costumam incluir circuitos especialmente dedicados à depuração (ZURITA, 2011).

Muitos sistemas embarcados possuem mecanismos de segurança para detectar e contornar falhas (CARRO; WAGNER, 2003). Neste aspecto, Peter Marwedel (2011) estabelece cinco parâmetros de caracterização de sistemas embarcados:

- a) **Confiabilidade:** É a probabilidade do sistema não falhar;
- b) **Manutenibilidade:** É a probabilidade que uma falha no sistema possa ser corrigida em certo intervalo de tempo;
- c) **Disponibilidade:** É a probabilidade de o sistema estar disponível;
- d) **Segurança:** Descreve a probabilidade do sistema não causar algum dano;
- e) **Confidencialidade:** Descreve o quanto um sistema é capaz de manter dados confidenciais e de garantir uma comunicação autenticada.

2.1. Visão Computacional

A Visão Computacional é uma parte da computação e da inteligência artificial que estuda as máquinas que “enxergam”. Tais máquinas são capazes de captar imagens e a partir dessas imagens produzirem alguma ação ou concluir alguma

coisa, podendo assim executar tarefas mais complexas (COELHO; JUNIOR; RUDEK, 2001). De acordo com Marengoni e Stringhini (2008), a visão computacional procura emular a visão humana, portanto também possui como entrada uma imagem, porém, a saída é uma interpretação como um todo, ou parcialmente.

Segundo o Scientific American (2008), os cientistas do Instituto de Pesquisas de Massachusetts (MIT) descrevem visão computacional como sendo o ensinamento do computador a enxergar como humano. Davies (2012) diz que a visão computacional é o estudo da ciência da visão e o possível design do software, e com uma menor dimensão, que estuda o sistema de visão integrada.

Em outras palavras, a Visão computacional é a ciência responsável pela visão de uma máquina, ou seja, pela forma como um computador enxerga o meio à sua volta, extraindo informações significativas a partir de imagens capturadas por câmeras de vídeo, sensores, scanners entre outros dispositivos. Estas informações permitem reconhecer, manipular e pensar sobre os objetos que compõem uma imagem. (AZEVEDO; CONCI; LETA, 2008).

Segundo Shapiro e Stockman (2001), o objetivo desta tecnologia é permitir a tomada de decisões importantes sobre objetos físicos reais e cenas baseadas em imagens. Em quase todas as decisões sobre objetos reais, é necessária a construção de alguma descrição ou modelo a partir da imagem.

A visão computacional pode ser considerada uma ciência bastante recente. Em 1955, Selfried fez uma das primeiras referências sobre visão computacional, em que ele destacou como sendo os olhos e as orelhas para um computador. Nos anos 70, foram iniciados os primeiros trabalhos sobre visão computacional, mas aliada a Inteligência Artificial. Naquela época, acreditava-se que rapidamente seria possível representar de forma completa o sentido da visão em uma máquina. Nas décadas posteriores, com o desenvolvimento de pesquisas, verificou-se que não era tão simples quanto se imaginava, a complexidade era muito maior do que o imaginado inicialmente, devido à falta de informações e de modelos que representassem a forma como as imagens são interpretadas no cérebro humano (HONORATO; MILANO, 2010).

2.2. Sistema de Estacionamento Automático

O sistema de estacionamento automático (*Self-Parking System*) pertence à categoria *Comfort-DAS*. Tal sistema auxilia o motorista a estacionar o veículo (SANTOS, 2010). Por meio de câmeras e sensores dispostos sobre o veículo, é possível medir o comprimento da vaga quando o automóvel passa por ela e compará-la com o comprimento do veículo, informando se o espaço é adequado ou não (GUIMARÃES, 2007).

Primeiramente, o motorista deve ativar o sistema de estacionamento automático. O sistema solicitará ao motorista que ele conduza o carro lentamente para que os sensores e a câmera consigam medir o comprimento da vaga, verificando a possibilidade de estacionar naquele local (GRABIANOWSKI, 2006). Se o espaço da vaga for suficientemente, o motorista pode permitir que o sistema inicie a manobra. O condutor precisa apenas operar o acelerador, o pedal de freio e a marcha (GUIMARÃES, 2007).

O sistema de estacionamento automático possui um mecanismo de segurança durante a manobra, caso o motorista acelere o veículo acima de certa velocidade, ou pise no pedal de freio em uma intensidade acima do solicitado pelo sistema, ou mesmo segure o volante durante a manobra, o sistema de freio ABS é ativado e o sistema de estacionamento automático é desligado (GRABIANOWSKI, 2006).

Esse sistema permite que o veículo seja estacionado automaticamente em vagas paralelas, sendo que alguns possuem o recurso de estacionar em vagas perpendiculares (SANTOS, 2010). Existem outros sistemas que possuem o recurso de tirar o veículo da vaga, basta o condutor solicitar através da mesma interface que requisita que o carro estacione (GUIMARÃES, 2007).

3. Metodologia

A metodologia deste trabalho consiste em uma análise de alguns sistemas de estacionamento automático de diferentes montadoras, mostrando suas funcionalidades, desempenho e praticidade. É feito também um comparativo entre esses diferentes sistemas, por meio da opinião dos autores que teve como base vídeos e documentos institucionais. Além disso, foram utilizados vários conceitos aprendidos sobre computação embarcada, visão computacional e o uso deles em veículos. O presente trabalho pode ser classificado como qualitativo, exploratório, descritivo, bibliográfico e documental.

4. Resultados e Análise

A pesquisa consiste em uma comparação entre cinco sistemas de estacionamento automático presentes no mercado e de diferentes fabricantes:

- a) *Active Parking Assist*;
- b) *Active Park Assist*;
- c) *Intelligent Parking Assist*;
- d) *Park Assist II*;
- e) *Park Assistant*.

Todos os sistemas avaliados são utilizados nos modelos 2013 de seus respectivos fabricantes de automóveis. A seguir, é apresentado um resumo das funções presentes em cada um desses sistemas avaliados.

- a) **Active Parking Assist:** O *Active Parking Assist* é o sistema utilizado pela empresa Mercedes-Benz em seus veículos. Esse sistema é opcional, e, portanto, existe acréscimo no preço do veículo. Possui a função de estacionar o veículo em vagas paralelas, e é capaz de identificar vagas que fiquem tanto a direita quanto à esquerda do veículo. Ele possui um painel que mostra a imagem traseira do veículo, auxiliando o motorista por meio de comandos escritos no painel. Esses comandos são necessários para que o motorista execute a identificação da vaga;
- b) **Active Park Assist:** O *Active Park Assist* é o sistema utilizado pela empresa Ford em seus veículos. O sistema é opcional, e pago à parte.

Ele possui a função de estacionar o veículo somente em vagas paralelas. É capaz de identificar vagas que fiquem à direita do veículo. Possui um painel que mostra a imagem traseira do veículo e os comandos. Os comandos a serem executados pelo motorista são notificados visualmente e/ou sonoramente pelo painel;

- c) **Intelligent Parking Assist:** O *Intelligent Parking Assist* (IPA) é o sistema utilizado pela Toyota em seus veículos. A Lexus, uma divisão de carros de luxo da Toyota, utiliza o mesmo sistema, só que é nomeado de *Advance Parking Guidance* (APG). Portanto, será avaliado como um único sistema. Segundo a CNN (2003), a Toyota foi a primeira fabricante de veículos a implementar o sistema de auto estacionamento. Foi em 2003, no mercado japonês, usado no veículo Prius. O sistema é opcional tanto pela Toyota, quanto pela Lexus. Permite estacionar em vagas paralelas e em vagas perpendiculares. Ele possui um painel que mostra a imagem traseira do veículo e os comandos. Os comandos aparecem visualmente e/ou sonoramente no painel. É capaz de identificar vagas que fiquem à direita do veículo. Após encontrar a vaga, é necessário o ajuste através dos direcionais que aparecem no painel, buscando mostrar ao sistema em que parte desse espaço o motorista quer que o veículo seja estacionado;
- d) **Park Assist II:** O *Park Assist II* é o sistema utilizado pela Volkswagen em seus veículos. O sistema é opcional (pago à parte). Primeiramente surgiu o *Park Assist I*, que permitia estacionar em vagas paralelas (MEYER, 2010). Em seguida, foi lançado o *Park Assist II*, que complementa o antigo sistema, permitindo estacionar em vagas perpendiculares, e além de possuir a função de retirar o veículo já estacionado em vagas paralelas, ele identifica tanto vagas à direita, quanto vagas à esquerda. Para isso, basta selecionar o lado que deseja estacionar o veículo no painel. O painel mostra a imagem traseira do veículo e os comandos necessários;
- e) **Park Assistant:** O *Park Assistant* é o sistema utilizado pela BMW (*Bayerische Motoren Werke*) em seus veículos. O sistema é opcional, pago à parte. O sistema permite estacionar o veículo em vagas paralelas. Identifica tanto vagas à direita, quanto vagas à esquerda. Possui um painel que mostra a imagem traseira do veículo e os comandos necessários;

Para melhor visualizar as características de cada sistema, o quadro 1 apresenta resumidamente suas funcionalidades.

Quadro 1 – Comparativo das funcionalidades dos sistemas

| Sistema de Estacionamento Automático | | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------------|--------------------|--------|---------------|--------------------|---------------|----------------|--|
| Sistema | Fabricante | Incluso / Opcional | Painel | Vaga Paralela | Vaga Perpendicular | Saída da Vaga | Ajuste da Vaga | Identificação de Vagas. Direita/Esquerda |
| Active Parking Assist | Mercedes-Benz | Opcional | Sim | Sim | Não | Não | Não | Ambos |
| Active Park Assist | Ford | Opcional | Sim | Sim | Não | Não | Não | Direita |
| Intelligent Parking Assist | Toyota / Lexus | Opcional | Sim | Sim | Sim | Não | Sim | Direita |
| Park Assist | Volkswagen | Opcional | Sim | Sim | Sim | Sim | Não | Ambos |
| Park Assistant | BMW | Opcional | Sim | Sim | Não | Não | Não | Ambos |

Fonte: Elaborado pelos autores

A avaliação foi feita pela opinião dos autores com base em vídeos institucionais e documentos institucionais, em que se utilizou dos conceitos de computação embarcada, visão computacional e sua aplicação em veículos. Para a avaliação foi levado em conta as suas funcionalidades, desempenho e praticidade. As funcionalidades são avaliadas com base na quantidade presente. O desempenho é avaliado levando em consideração a eficiência dessas funcionalidades presentes em cada um desses sistemas. A praticidade é avaliada por meio da facilidade de utilização e interação com o sistema.

- **5º lugar:** Park Assistant (BMW) - O estacionamento em vagas paralelas não obteve um bom desempenho, devido ao fato de que na hora de estacionar, o sistema faz manobras excessivas, e o motorista constantemente troca de marcha durante as manobras de ajuste na vaga selecionada. Além de requerer um espaço mínimo muito grande em relação ao tamanho do veículo, o que impossibilita estacionar em vagas pequenas, em que normalmente o veículo caberia. Reservando espaço mínimo em excesso para cada vaga. O ponto positivo foi o fato de o *Park Assistant* reconhecer tanto vagas a direita como vagas a esquerda. E é bastante simples, ao encontrar uma vaga, basta apenas apertar o botão de confirmação no painel, que a manobra já é iniciada, sem a necessidade de ajustes na vaga. O maior ponto negativo desse sistema é o fato dele não reconhecer as linhas de limitação de cada vaga. Como na Europa não é comum o uso de linhas limitadoras de cada vaga, como no Brasil. Esse sistema é projetado para os consumidores europeus. No Brasil, seria um problema utilizar esse sistema, pois ele pode reconhecer duas ou mais vagas como apenas uma vaga, ou reconhecer vagas que não permitam o estacionamento.
- **4º lugar:** Active Parking Assist (Mercedes-Benz) - No estacionamento em vagas paralelas obteve um ótimo desempenho, e não necessita de muitas manobras de ajuste ao estacionar. Os pontos positivos são a capacidade de reconhecer vagas de ambos os lados. O painel é bem simples e prático, ao encontrar uma vaga basta apertar o botão no painel que o sistema começa a executar a manobra do veículo. E diferentemente do sistema da BMW, este é capaz de reconhecer as linhas limitadoras de cada vaga. O maior problema é o fato de requerer um espaço mínimo demasiadamente grande de vaga para o veículo, o que impossibilita estacionar em vagas menores que normalmente o veículo caberia. Não é possível deixar o sistema desativado e ativa-lo somente quando for necessário. O sistema fica ativado automaticamente, o que acaba se tornando um grande

incomodo, pois o sistema no tráfego urbano se mantém ligado informando constantemente a presença de vagas, mesmo que o motorista não deseje estacionar.

- **3º lugar:** *Intelligent Parking Assist (Toyota e Lexus)* - O ponto positivo é que ele permite estacionar em vagas perpendiculares e paralelas com um bom desempenho, necessitando de poucas manobras de ajuste do veículo. Outro ponto positivo é que sistema é de fácil navegação, os comandos são mostrados tanto visualmente pelo painel quanto por aviso sonoro. O ponto negativo deste sistema é o ajuste da vaga, pois sempre que o sistema encontra uma vaga é necessário obrigatoriamente ajustá-la, porque o ele não o faz automaticamente como os demais avaliados. Isso acaba acarretando em um intervalo de tempo maior para estacionar, o que é um problema principalmente em ruas movimentadas. E o espaço mínimo requerido para a vaga é um pouco acima do que é necessitado levando em conta o tamanho veículo.
- **2º lugar:** *Active Park Assist (Ford)* - O estacionamento em vagas paralelas se mostrou extremamente efetivo, necessita de poucas manobras de ajuste, além de ter um movimento mais limpo. O espaço mínimo requerido para uma vaga válida é o menor entre os sistemas avaliados, sendo um ponto positivo. O painel é bem simples e prático, bastando ligar o *Active Park Assist* e procurar uma vaga, ao encontrá-la, basta apertar o botão no painel que o sistema se encarrega da manobra e informa o motorista sobre os comandos necessários. Os comandos aparecem visualmente e/ou sonoramente, dependendo da vontade do motorista. Foi o melhor sistema entre os avaliados em relação à efetividade, porém o sistema somente permite estacionar em vagas paralelas.
- **1º lugar:** *Park Assist II (Volkswagen)* - O estacionamento em vagas paralelas teve um bom desempenho. Em vagas perpendiculares obteve o mesmo desempenho, estaciona rapidamente, sem a necessidade de manobras em demasia. É capaz de reconhecer vagas de ambos os lados, bastando selecionar o lado após ligar o sistema. O reconhecimento da vaga é bem simples, e não necessita de ajustes, pois o sistema faz isso automaticamente. Basta encontrar a vaga, e apertar o botão no painel, que o sistema se encarrega da manobra de estacionar, restando ao motorista executar o que for solicitado pelo sistema. A saída de vaga é o principal ponto positivo desse sistema, que é o único que possui essa função dentre os sistemas avaliados. Ele é extremamente útil se o veículo estiver estacionado em paralelo em uma vaga apertada, pois a dificuldade de sair é grande, e requer muitas manobras. Com essa função ativada, a manobra de saída é feita automaticamente, apenas restando ao motorista executar os comandos pedidos pelo sistema. Esse sistema foi considerado o primeiro colocado por ser o sistema com mais funções em relação aos outros avaliados e executar bem as suas funções. Contem um painel simples e fácil de navegação.

Todos os sistemas se mostraram extremamente seguros, são capazes de detectar objetos, pessoas, animais que estejam ao redor. A câmera e os sensores trabalham bem nos sistemas de estacionamento automático avaliados. A chance de ocorrer um acidente enquanto os sistemas estiverem em execução é extremamente pequena, mas não quer dizer que ele esteja imune a falhas e acidentes.

5. Considerações Finais

O presente trabalho procurou explorar as mais recentes tecnologias existentes no campo da visão computacional associada à computação embarcada em veículos. Por ser um campo extremamente grande, a pesquisa se restringiu a uma dessas tecnologias existentes, que é o Sistema de Estacionamento Automático.

Primeiramente, a pesquisa procurou abordar os sistemas embarcados explicando seus conceitos e sua parte de hardware e de software. Depois abordou sobre visão computacional, desde da sua conceituação, as etapas de processamento de imagens presentes na visão computacional, e a diferenciação entre a visão humana e visão computacional. Em seguida, foi abordada a computação embarcada em veículos, discorrendo sobre os componentes presentes, módulos eletrônicos, arquiteturas utilizadas nesses sistemas. Abordou sobre os Sistemas de Assistência ao Motorista e suas categorias presentes, e explicou algumas das tecnologias presentes nesses sistemas. A seguir foi apresentado conceitos de visão computacional aliada a computação embarcada em veículos, explicando os conceitos principais e expondo as dificuldades encontradas nesses sistemas. E explicou o funcionamento do Sistema de Estacionamento Automático, que é o sistema foco da pesquisa.

A avaliação foi realizada levando em consideração a opinião dos autores em relação aos sistemas avaliados, tendo como base vídeos e documentos institucionais, em que foram utilizados os conceitos aprendidos de computação embarcada, visão computacional e o uso deles nos veículos para a avaliação. Para a pesquisa foram escolhidos cinco sistemas de Estacionamento Automático de diferentes fabricantes de veículos, descrevendo um resumo de cada um dos sistemas avaliados. Depois foi feita uma avaliação de cada um desses sistemas. E em seguida um ranking entre esses cinco sistemas, mostrando os pontos positivos e negativos de cada sistema. O melhor sistema de estacionamento automático, segundo a avaliação, foi o *Park Assist II*, da Volkswagen. Por ser o sistema com mais funções e por ter um bom desempenho na execução dessas funcionalidades.

Os sistemas de estacionamento automático são indicados para pessoas que tenham dificuldade em realizar as manobras de estacionar o veículo. Também é indicado em situações que se tenha visão limitada como durante a noite ou quando for necessário estacionar em vagas apertadas.

O fato desses sistemas ainda serem opcionais e caros, fazem com que não sejam muito populares. No entanto, a tendência é que esses sistemas baixem de preço, e talvez possam vir já inclusos nos veículos, devido à sua popularização e ao crescente interesse por parte dos fabricantes de veículos nessa tecnologia.

A pesquisa possibilitou reconhecer as tecnologias mais recentes, entender mais profundamente sobre visão computacional, computação embarcada, e como elas funcionam nos veículos.

Referências

ANDRADE, Fernando Souza de; OLIVEIRA, André Schneider de. Sistemas Embarcados: Hardware e Firmware na Prática – 2. Ed, Érica, 2011.

BERGER, A. S.. Embedded Systems Design – An Introduction to Process, Tools, & Techniques – CMP Books, 2002.

DAVIES, E. R.. Computer & Machine Vision – 4. Ed, Academic Press, 2012.

GRABIANOWSKI, Ed. How Self-Parking Cars Work. HowStuffWorks. Web: <http://auto.howstuffworks.com/car-driving-safety/safety-regulatory-devices/self-parking-car.htm> (acessado em fevereiro de 2013).

GUIMARÃES, Alexandre de Almeida. Eletrônica Embarcada Automotiva – 1. Ed, Érica, 2007.

HEALTH, Steve. Embedded Systems Design – 2. Ed, Elsevier, 2003.

HEINEN, Farlei José; JUNG, Cláudio Rosito; KELBER, Christian Roberto; OSÓRIO, Fernando Santos. Computação Embarcada: Projeto e Implementação de Veículos Autônomos Inteligentes – 2005, p. 1358 – 1406. XXV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação.

HONORATO, Luciano Barrozo; MILANO, Danilo de. Visão Computacional – 2010. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

IEEE Computer Society. IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology - 1990.

MARENGONI, Maurício; STRINGHINI, Denise. Tutorial: Introdução à Visão Computacional usando OpenCV – 2008. XXI Brazilian Symposium On Computer Graphics and Image Processing (SIBGRAPI).

MARWEDEL, Peter. Embedded System Design – Embedded Systems Foundations of Cyber-Physical Systems – 2. Ed, Springer, 2011.

SANTOS, Max Mauro Dias. Redes de Comunicação Automotiva: Características, Tecnologias e Aplicações – 1. Ed, Érica, 2010.

SHAPIRO, Linda G.; STOCKMAN, George C.. Computer Vision – 1. Ed, Prentice Hall, 2001.

ZURITA, E. P. V.. Projeto de Sistemas Embarcados – 2011. Universidade Federal do Piauí.