

Sistema autônomo de estacionamento veicular

Igor Borges Tavares, Felipe Adriano da Silva Gonçalves, Vinicius Toledo Dias, Marcos José de Moraes Filho, Marcus Vinicius Ferreira de Andrade, Luciano Coutinho Gomes, Josué Silva de Moraes.

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica, Laboratório Servo Mecanismo e Controle (LASEC), Laboratório de Acionamentos Elétricos (LAcE)
Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.

igorborgest@gmail.com, marcos.jmf@hotmail.com, v.toledodias@gmail.com

Resumo - Estacionar muitas vezes um desafio para alguns motoristas, sobretudo com o espaço de estacionamento limitado nas grandes cidades; posicionar seu carro em um espaço pequeno torna-se uma habilidade necessária. Raramente tido como uma tarefa fácil, o ato de estacionar um veículo toma um tempo considerável e de acordo com o local pode causar congestionamento do tráfego, estresse nos motoristas e acidentes.

Devido à grande evolução da tecnologia automobilística principalmente nas últimas duas décadas, existem algumas propostas de soluções para a situação exposta anteriormente, e dentre elas a opção de maior destaque é o auto estacionamento.

E como objetivos deste projeto propomos implementar um sistema capaz de realizar o estacionamento de um protótipo veicular sem a interferência do motorista durante a manobra, e com um custo muito inferior ao das tecnologias atualmente empregadas nessa situação como câmeras e processadores de alto desempenho. No intuito de validar o modelo, desenvolveu-se um protótipo experimental utilizando sensores analógicos e digitais, além de um microcontrolador altamente flexível. Os resultados experimentais são expostos e mostram a viabilidade técnica da proposta aqui apresentada.

Palavras-Chave - Acionamento, estacionar, microcontrolador, protótipo, self-parking.

SELF-PARKING CAR

Abstract - Parking is an ordeal for many drivers, especially with the limited parking facilities in large cities; squeeze your car into a tiny space becomes a necessary skill. Rarely had such an easy task, the act of parking a vehicle takes considerable time and according to the site may cause traffic congestion, stress on drivers and accidents.

Due to the great development of automotive technology especially in the last two decades, there some proposed solutions to the situation described above, and among them the option to highlight is the self-parking.

And as objectives of this project we propose to implement a system capable of performing the parking

lot of a prototype vehicle without interference from the driver when maneuvering, and with a much lower cost than the technologies currently employed in this situation as cameras and high-performance processors. In order to validate the model, we developed an experimental prototype using digital and analog sensors, and a highly flexible microcontroller. The experimental results are presented and show the technical feasibility of the proposal presented here.

Keywords - Driver, microcontroller, prototype, parking, self-parking.

I. INTRODUÇÃO

O conceito de auto estacionamento é uma ideia que perdura a um longo tempo, desde o início dos anos 80, todavia somente no início dos anos 90 houve tecnologia e investimentos suficientes para o desenvolvimento de um protótipo efetivo o qual foi desenvolvido pela Volkswagen, a qual utilizou a tecnologia de auto estacionamento em seu carro-conceito Futura IRVW (sigla para Pesquisa Integrada Volkswagen). O IRVW estacionava com total autonomia: o motorista podia sair do carro e observar enquanto o carro estacionava sozinho. Um computador no porta-malas controlava o sistema porém nunca foi oferecido em um modelo de produção.

Em 2003, foi disponibilizado comercialmente o primeiro veículo com a tecnologia de auto estacionamento pela Toyota em seu híbrido Prius japonês. Três anos mais tarde, os motoristas britânicos tinham a opção de acrescentar o auto estacionamento ao Prius pelo equivalente a US\$ 700. Até agora, 70% dos Prius britânicos foram comprados com esse recurso.

Além de aplicações em veículo convencionais vislumbramos que o sistema desenvolvido também possua aplicações industriais, pois, atualmente temos diversos veículos que trabalham dentro da indústria de forma automatizada, e o auto estacionamento poderia vir a contribuir, por exemplo, na economia de espaço quando estas máquinas forem estacionadas. Também haveria uma melhora na segurança, já que sistemas microcontrolados possuem menores chances de erro quando comparados a humanos.

Portanto é proposto nesse projeto o estudo e o desenvolvimento de um protótipo capaz de validar uma ideia simplificada de reproduzir essa tecnologia já existente, substituindo o sensoriamento até então feito por meio de câmeras por um baseado em ondas ultrassônicas. Tal adaptação também permitirá a utilização de um processador



X CEEEL - ISSN 2178-8308
24 a 28 de setembro de 2012
Universidade Federal de Uberlândia - UFU
Uberlândia - Minas Gerais - Brasil

relativamente mais simples, tornando o conjunto do projeto economicamente mais viável.

II. HARDWARE DO PROTÓTIPO

Ao se trabalhar com um sistema autônomo, é necessário um controle preciso da interação do sistema com o ambiente em que este se encontra, para que o projeto se adeque melhor a cada condição externa, gerando assim um sistema adaptativo às diversas variações do meio. Para que o protótipo possa se adequar aos variados tamanhos da vaga e as diferentes condições iniciais impostas, é necessário o uso de transdutores que convertam as condições analisadas em sinais de tensão que possa ser interpretado pelo microcontrolador e compensado pelo sistema de controle.

Dos sensores propostos para o uso neste projeto temos um sonar de alto desempenho, que se encarrega da medição da distancia. O LV-MaxSonar® - EZ0™, fig. 1, provê um alcance de detecção que varia de uma distância muito curta até uma distancia longa, detectando objetos de 0 a 254 polegadas (6,45 metros) e fornece informações com uma gama de resolução de 1 polegada. Os formatos de interface de saída que estão incluídos são: saída por largura de pulso (PWM), tensão de saída analógica e saída digital serial.



Fig. 1. LV-MaxSonar® - EZ0™, sonar de alto desempenho, transdutor responsável por medir a distância entre as vagas e a distancia que o protótipo se encontra com relação aos outros veículos.

Sua escolha foi baseada no fato de que o sensor mede uma distancia relativamente grande, permitindo assim maior portabilidade do protótipo para um produto comercial, além de ser de fácil manuseio possibilita uma análise continua da distância, logo seu custo beneficio foi superior aos demais analisados.

Para o desenvolvimento do modelo foi comprado um veículo infantil radio controlado, para que assim não fosse despendida uma maior atenção na parte construtiva da mecânica do protótipo. Pois nossa intenção não tratava em desenvolver um veículo, mas sim um sistema de controle que permitisse esse ou outro veículo qualquer realizar o estacionamento, logo para facilitar o desenvolvimento do projeto foi adquirido protótipo mecânico pronto, vide fig. 2.



Fig. 2. Veículo infantil de radio controlado usado como protótipo do projeto Self-Parking car.

Porém a compensação mecânica nos causou problemas visto que o sistema de direção e tração do veículo eram falhos para o projeto proposto. Para solucionar o problema do controle de direção que possibilitasse um melhor controle a baixas velocidades e um menor ângulo de curvas, substituiu-se o sistema de engrenagens anterior por um servo motor com controle de realimentação digital, como mostrado na fig. 3, cujas engrenagens melhor dimensionadas e controle de posição com realimentação por um potenciômetro possibilitou um controle bastante propicio para o sistema proposto.



Fig. 3. Servo motor utilizado no controle de direção do protótipo do self-parking car.

O sistema necessita de um método para se estimar a distância percorrida, para isso foi analisado a viabilidade do uso de encoders. Devido ao fato do sistema de tração não trabalhar bem a baixas velocidades, característica problemática para o sistema analisado, e do sistema precisar aferir a velocidade em tempo real para o controle do veículo no processo de entrada na vaga, foi analisado diversos métodos para se contornar este problema.

Na análise dos encoders, nos foi disponibilizado um LEGO MINDSTORMS NXT, que possui um motor com uma redução incrível fornecendo assim um controle preciso a baixa velocidade e que ainda possui encoder integrado.

Então foi feita uma análise profunda no LEGO MINDSTORMS NXT, para que pudesse adaptar ao projeto sem interferir estruturalmente no que até então tinha sido proposto. Um desses problemas era o fato do motor do LEGO possuir um conector próprio, tal limitação quanto a conexão física foi superada com a aquisição das funções de cada pino descritas na tabela I.

TABELA I

Pinagem do sensor de entrada e Descrição de sinal

Pin Number	Color	Name
1	White	M1
2	Black	M2
3	Red	GND
4	Green	4.3V Power
5	Yellow	ENC0
6	Blue	ENC1

1) Resumo dos pinos: números, cores do fio, e as funções de pinos de entrada.

Os pinos fornecem energia ao motor. A tensão máxima é a tensão das baterias (9V para pilhas normais e 7.2V para

baterias NiMH). O motor deve ser controlado por uma ponte H. Uma ponte-H é normalmente feita a partir de quatro transistores, porém seu desenvolvimento por inteiro fica mais complexo aumentando assim a placa de circuito impresso a ser desenvolvida, por isso foi estudado e adquirido um circuito integrado desenvolvido especialmente para o uso de motores, chamado L298, mostrado na figura 4, construtivamente ela possui duas pontes H, com pino de seleção, obtido através das portas lógicas AND, e uma alimentação do componente diferente da alimentação do motor permitindo assim o uso de motores de maior potência, o circuito que representa o L298 encontrado em seu datasheet foi detalhado na figura 5.

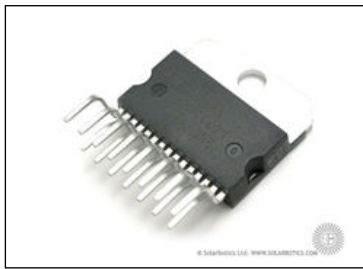


Fig. 4. Circuito integrado L298.

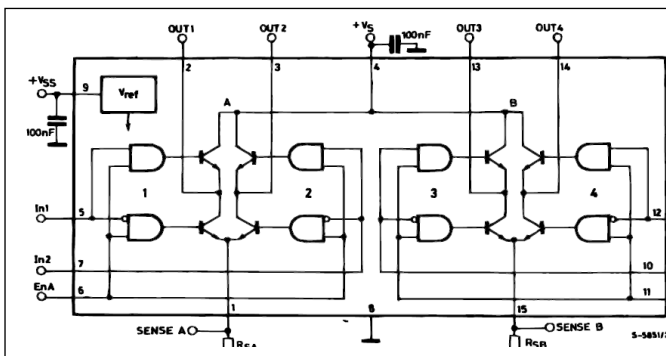


Fig. 5. Circuito equivalente do L298, onde mostra as duas pontes-H presentes no CI.

O LEGO ainda possui entradas utilizadas para o encoder óptico integrado nos motores NXT. O codificador gera sinais em quadratura, o que permite que o NXT determine a direção e a velocidade do motor. Os dois sinais são pulsos retangulares deslocadas, e a mudança representa um quarto de um ciclo (daí o termo quadratura). A Figura 6 ilustra os sinais do encoder. A frequência do sinal dá a velocidade de rotação do motor. Meio-ciclo do sinal corresponde a um grau de rotação do motor, daí consegue-se projetar um sistema que calcula a distância percorrida, a fim de mensurar a distância entre dois veículos, a fim de determinar se o mesmo é capaz de entrar na vaga medida.

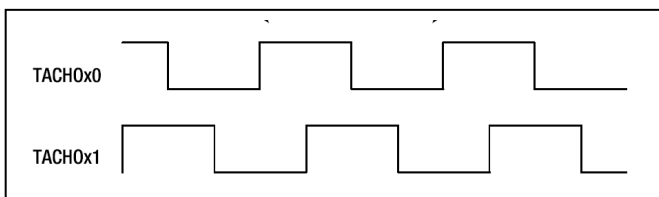


Fig. 6. Sinal encontrado pelo encoder que mensura a distância percorrida pelo motor.

Definido todos os parâmetros relativos à parte construtiva e operacional do controle foi implementado um circuito eletrônico que abrangesse as necessidades do projeto proposto, através do circuito representado na figura 7 que possui ainda o microcontrolador PIC18F2580, que será mais detalhado posteriormente.

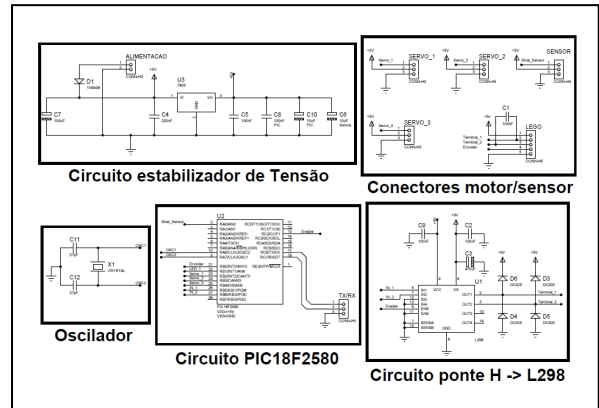


Fig. 7. Circuito eletrônico montado para controlar o protótipo.

O sistema é composto de vários motores, sendo estes responsáveis tanto pela tração quanto pela direção do veículo em questão, porém como se sabe os motores de corrente contínua possuem alta corrente de partida, pois devido ao fato de não estar em movimento o único limitador da corrente drenada da fonte é a impedância do enrolamento que é bastante pequena, considerada a resistência do fio.

Na fonte de alimentação real um rápido consumo de corrente promove uma queda de tensão na resistência interna da fonte, promovendo assim um efeito conhecido como afundamento de tensão, mesmo que o motor adotado seja consideravelmente pequeno o afundamento de tensão em uma pequena bateria já se torna considerável de análise.

De acordo com o datasheet do fabricante do microcontrolador ele deve operar com uma tensão mínima, pois em determinadas condições operacionais não é garantido que resposta seja a correta ou até reiniciando o processador, portanto afundamentos de tensão é um detalhe bastante importante a ser analisado neste sistema.

Para correção do afundamento de tensão descrito acima, é necessário um circuito estabilizador de tensão que requer a presença de um regulador de tensão, usado neste projeto o circuito integrado LM7805, que em condições normais mantém a tensão em 5 volts, foi adicionado ainda capacitores eletrolíticos para que ao ocorrer um afundamento de tensão devido a partida de um motor o capacitor tenha energia armazenada suficiente para suprir o sistema neste período de tempo.

Porém existem ainda ruídos presente na placa produzido por diversos meios, dentre eles temos o ruído eletromagnético gerado pelo motor e pelas escovas, observa-se também que devido ao fato de se ter usado um acionamento do tipo PWM, quando o motor requisitar corrente e esta percorrer toda a placa diversas vezes numa frequência alta, os condutores da trilha comportar-se-ão como antenas propagando um ruído de alta frequência que não pode ser filtrado pelo capacitor eletrolítico devido a sua

alta resistência série e, portanto usaremos capacitores cerâmicos para fazer este tipo de intervenção, sendo que estas medidas foram feitas em redundância para a bateria, o motor e o microcontrolador conforme observado na figura 8, que possui os três grupos de capacitores, o regulador de tensão além de um diodo para proteção da ligação da bateria em polaridade reversa, tal medida foi tomada para que se evitassem futuros problemas com a ligação que tivemos anteriormente com o desenvolvimento do projeto.

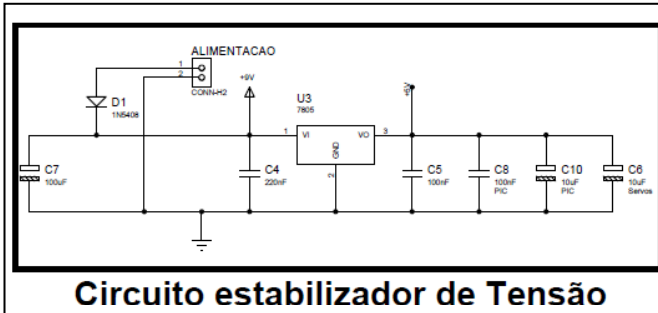


Fig. 8. circuito estabilizador de tensão com os capacitores de alimentação.

Na placa de circuito impresso foi disponibilizado ainda bornes para conexão do motor de tração da LEGO conforme conexão disponibilizada anteriormente seguindo o padrão de cores desenvolveu-se um conector próprio, foi disponibilizado ainda bornes para conexão dos servos motores, responsáveis por girar tanto sensor como a direção do veículo, além de bornes para conexão do sensor ultrassônico citado.

O circuito de processamento do microcontrolador foi montado de acordo com o datasheet do fabricante, permitindo assim atender as necessidades requeridas para o bom funcionamento, como podemos observar o circuito oscilador com capacitores determinados pelo fabricante para o cristal de 10 Mhz.

Para evitar os afundamentos de tensão de alimentação do L298 foram adicionados capacitores, assim como na alimentação da bateria que alimenta o motor do LEGO.

Devido às características indutivas do motor foi colocado também diodos de roda livre para evitar que a energia armazenada na bobina seja suficiente para queimar o L298, compondo o circuito da ponte H conforme mostrado na figura 9.

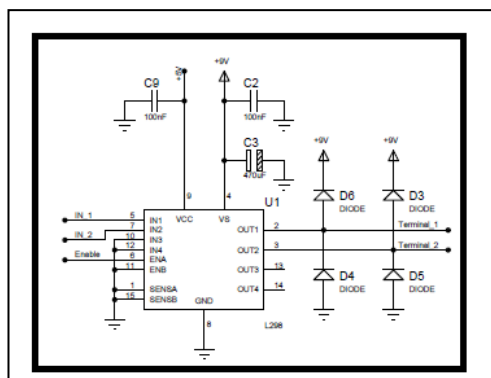


Fig. 9. circuito da ponte H completo montado conforme o datasheet, contendo os capacitores e os diodos de roda livre.

Do circuito descrito e detalhado acima foi desenvolvido um layout para a confecção da placa mostrada na figura 10

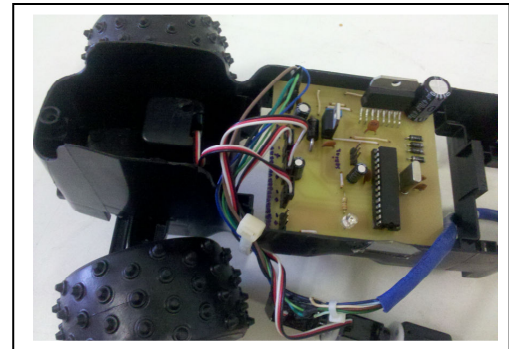


Fig. 10. Circuito montado com os conectores.

III. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

O programa desenvolvido para o protótipo foi desenvolvido para um micro controlador *PIC18F2580* de fácil aquisição no mercado brasileiro e que satisfazia todos os requisitos necessários para a execução do projeto, que se estendem em periféricos como:

Módulo PWM com pelo menos dois canais para o acionamento do motor responsável pela locomoção do protótipo. Sendo cada canal responsável pela modulação da tensão média no motor em suas respectivas polaridades.

Módulo de conversão A/D de pelo menos 10 bits de resolução, necessário para a captação do sinal de saída do sensor de distância que emite uma tensão proporcional a distancia entre ele a superfície diante dele. Então por meio deste pode-se descobrir se em determinado local há ou não uma vaga.

Módulo de interrupção externa por borda de subida, para uma utilização precisa do encoder de quadratura acoplado no eixo do motor de tração do veículo utilizado para medir a distância percorrida pelo protótipo, já que o perímetro de seus pneus é conhecido, e considerando que não haverá escorregamento. Essa medição de distância é utilizada para calcular o tamanho das vagas e avaliar se o protótipo cabe ou não nela.

Módulo de interrupção por temporização que garantirá os tempos de amostragens do sinal lido pelo conversor A/D. Além de facilitar o devido escalonamento das tarefas a serem executadas.

O código foi desenvolvido em linguagem C com a utilização da ferramenta de desenvolvimento e compilação PIC C Compile.

O algoritmo desenvolvido para fazer com que o veículo consiga localizar as vagas, avaliá-las pelos seus tamanhos, e realizar a baliza foi desenvolvido tentando espelhar as ações de uma pessoa fazendo as mesmas ações. Tal lógica de funcionamento pode ser observado no diagrama de blocos da figura 11.

Lógicas secundárias rodam em concorrência com o fluxo principal do programa toda vez que alguma interrupção ocorre. Tais lógicas se responsabilizam por fazer a leitura do sensor de distância quando a interrupção é temporal, ou interpretar os sinais do encoder, caso seja uma interrupção externa por borda de subida.

Fluxo Principal do programa

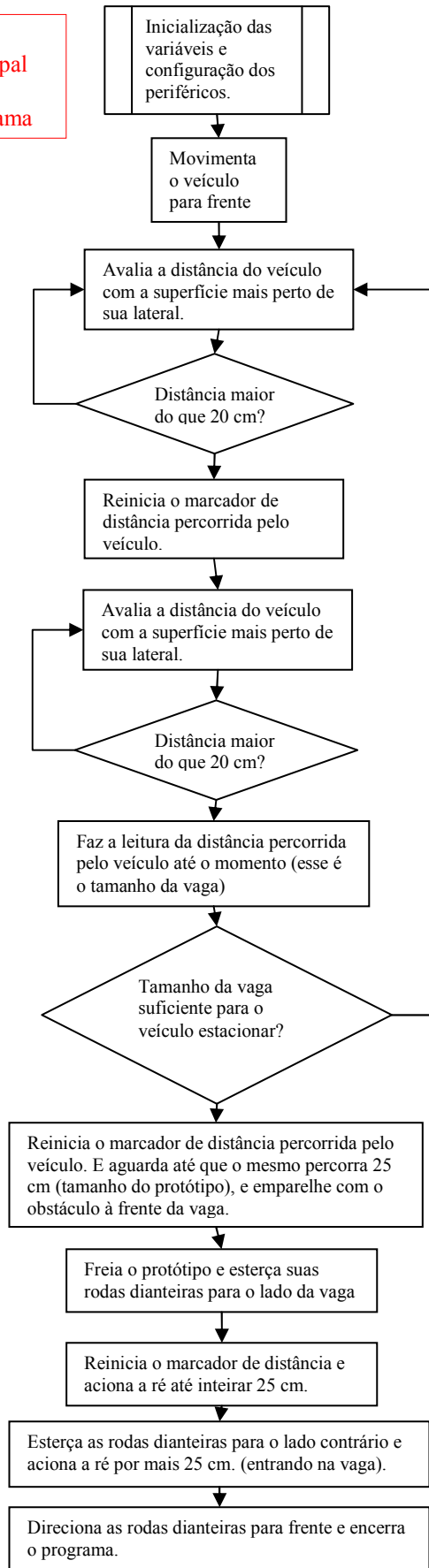


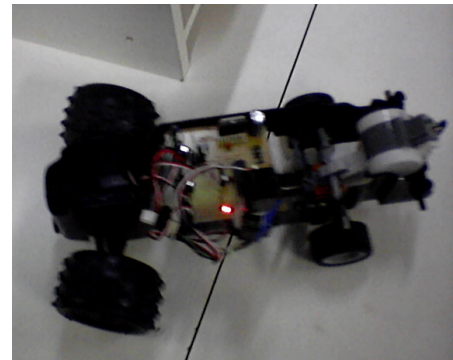
Fig. 11. Diagrama de blocos do fluxo principal do *firmware*

IV. RESULTADOS PRÁTICOS

Com a junção do hardware e do firmware propostos, foi possível observar após alguns ajustes que o protótipo cumpre todos os objetivos propostos, sendo possível validar a ideia.

O único desafio relevante encontrado nos experimentos práticos que não havia sido apresentado nas simulações foi em relação ao deslizamento dos pneus do veículo sobre a superfície a qual ele circula. Tal problema foi solucionado reduzindo a velocidade do protótipo durante a procura da vaga e do ato de estacionar, o que reduziu drasticamente o erro no cálculo das distâncias percorridas e viabilizou a conclusão do trabalho.

Na figura 12 é possível observar um dos testes executados e bem sucedidos.



A Figura 12. Teste prático realizado com o protótipo.

V. CONCLUSÕES

Pode-se perceber, pela simplicidade dos circuitos, a viabilidade técnica e financeira do projeto, validando assim a proposta de substituição de câmeras para sistemas de auto estacionamento, por um sensor ultrassônico mais barato e de grande precisão. Apesar da utilização de diversas tecnologias como servo-motores com controle de realimentação digital, sonar de alto desempenho, microcontrolador, pode-se observar que o sistema se adaptaria bem se utilizando de outros atuadores presentes nos veículos de controle com, por exemplo, o controle de um carro ou mesmo de uma empilhadeira ou outro veículo que adotasse o sistema proposto neste projeto, pois se trata de um sistema embarcado robusto, que pode ser utilizado em diversos ambientes, compacto e de simplificada manutenção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALMEIDA, Pedro. Como funcionam os carros que estacionam sozinhos. , 2010. Disponível em: <<http://www.futurauto.com.br/2010/05/como-funcionam-os-carros-que-estacionam.html>>. Acesso em: 20 abr. 2012.
- [2] MAXBOTIX® INC. Choose the proper ultrasonic sensor for your application. , 2009. Disponível em: <http://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Proximity/Sensor_Selection_Guide.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2012.
- [3] “ODDBOT”, Russell. How to use a quadrature encoder. , 2011. Disponível em: <<http://letsmakerobots.com/node/24031>>. Acesso em: 24 fev. 2012.