

UMA PROPOSTA PARA AUTOMAÇÃO E CONTROLE DE VEÍCULOS AUTOMOTORES COM TRAÇÃO ELÉTRICA

Sildenir Alves Ribeiro, sildenir.ribeiro@cefet-rj.br¹

Alexandre Silva de Lima, alexandre.silva.lima@cefet-rj.br²

Jair Medeiros Junior, jair.medeiros@cefet-rj.br¹

Felix do Rego Barros, felix.barros@cefet-rj.br¹

Manoel Rui Gomes Maravalhas, manoel.maravalhas@cefet-rj.br¹

Ronilson Rodrigues Pinho, ronilson.pinho@cefet-rj.br¹

¹CEFET-RJ, Coordenação de Automação Industrial, Rua Miguel Angelo, 96, Maria da Graça – Rio de Janeiro-RJ.

²CEFET-RJ, Departamento de Engenharia Mecânica, Av. Maracanã, 229, Maracanã, – Rio de Janeiro-RJ²

Resumo: O objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta para automatizar e controlar a velocidade de um veículo automotor com tração elétrica e com isso, auxiliar aos condutores nas tarefas de dirigibilidade e prevenção de acidentes de trânsito. Com a automação, o veículo será capaz de assumir controles, como: controle de velocidade através da medição de distâncias, controle de frenagem e estabilidade, controle de área de tráfego (pista) e detecção de objetos. Para realização do projeto, foi feito um estudo de campo envolvendo o objeto da pesquisa, o plano de ação e a viabilidade do projeto. O projeto foi dividido em dois estágios: (1) Construção de um protótipo experimental usando kit LEGO Mindstorms; e (2) Construção de um modelo (projeto final) desenvolvido a partir do estudo de campo e das observações colhidas durante a construção e testes do protótipo. O projeto final consiste em um carro de dois eixos e 4 rodas com dois motores/atuadores e um conjunto de sensores para prover os mecanismos de controle. O projeto desenvolvido contempla ainda um sistema para controle e gerenciamento do modelo usando programação sobre kits Arduino. As atividades laborais aplicadas no projeto são multidisciplinares e envolve conhecimentos teóricos e práticos das seguintes disciplinas: Robótica, Eletrônica, Automação e Controle, Sensoriamento e programação na linguagem C. Os projetos desta natureza são importantes porque permite simular em laboratórios dispositivos e ambientes de automação e controle que se assemelha com as aplicações desenvolvidas em ambientes reais de produção.

Palavras-chave: Sistemas micro controlados, Motores Elétricos, Automação e controle, Sensoriamento remoto, Sistemas embarcados.

1. INTRODUÇÃO

O intenso avanço tecnológico na automobilística e a necessidade de melhorar a dirigibilidade nos grandes centros urbanos têm impulsionado muitas pesquisas envolvendo o desenvolvimento de carros autônomos. O objetivo destes estudos é atender as novas exigências mercadológicas para então auxiliar aos condutores na locomoção diária e com isso, diminuir os riscos de acidentes.

Este trabalho propõe um modelo de carro “inteligente” para simular situações em para que o veículo possa: (1) se manter na pista, (2) evitar colisão frontal e traseira com acionamentos automáticos, (3) controlar a pressão da frenagem; e (4) ajustar a velocidade do veículo de acordo com a proximidade de obstáculos móveis ou estáticos. Os veículos autônomos exerce também outro papel importante, promovendo maior acessibilidade para pessoas com deficiência física, tornando-os potenciais condutores e dispensando o auxílio de terceiros nas tarefas de condução do veículo.

O projeto foi desenvolvido em dois estágios: (1) Prototipação: construção de um protótipo usando um Kit Lego NXT Mindstorm; e (2) Construção do Modelo: construção de um modelo similar a um veículo real. A construção do modelo exige a utilização de um controlador, sensores e atuadores que atender as necessidades do projeto e de construto do veículo, conforme recomenda (Groover, 2007). Por questões econômicas e de viabilidade do projeto, o modelo utiliza um Kit Arduino Uno, motores elétricos para direção e para a propulsão e sensores ultrassônicos e ópticos para que o veículo possa realizar as funções de um carro autônomo. O veículo usa ainda um sistema embarcado (Schneider e Andrade, 2010) desenvolvido em na linguagem C.

O controle de estabilidade baseia-se em sistemas Proporcional-Integral-Derivativo (PID) (Medeiros Jr, 2011). A opção pelo sistema PID justifica-se pelo tempo de resposta, robustez e por ser um modelo amplamente testado nos mais variados ambientes (Pack 2006).

1.1. Propósito

O propósito deste trabalho é desenvolver e simular em laboratório um veículo autônomo em pequena escala que possa realizar os procedimentos e situações que um veículo em escala normal passaria em um ambiente real. Com este modelo é possível aferir a eficiência que um automóvel com essa tecnologia possa oferecer. Além disso, com esta proposta, espera-se gerar conhecimento para a aplicação da proposta em oportunidades futuras e em um veículo com escala real.

Um segundo objetivo é promover com este tipo de projeto uma maior segurança tanto para os motoristas e passageiros quanto para outros automóveis e pedestres, já que com os recursos tecnológicos implantados é possível melhorar eficiência dos condutores na dirigibilidade e desta forma evitar acidentes.

2. TRABALHOS CORRELATOS

Os motores de indução elétrica e sua aplicabilidade em veículos automotores vêm sendo estudados e discutidos há décadas. Os aspectos relacionados à autonomia destes tipos de motores também é uma frente muito explorada nos laboratórios e centro de pesquisas. No entanto, a automação deste tipo de motor para as mais variadas aplicações tem sido o assunto de pauta do momento. Neste trabalho, uma breve revisão da literatura foi realizada para buscar estudos primários que investigaram a automação dos motores elétricos, sobretudo com controle de velocidade, frenagem e tração. Os tópicos a seguir apresentam alguns dos trabalhos encontrados na literatura, os quais também serviram de suporte teórico para a elaboração desta proposta.

- Fujimoto e Harada (2015) propõe um sistema de controle de extensão baseado em modelo para veículos elétricos. O sistema proposto otimiza as distribuições de força de frenagem de direção dianteira e traseira considerando a taxa de deslizamento das rodas e a perda de tração do motor.
- Rueda (2014) apresenta uma dissertação de mestrado com um estudo teórico e desenvolvimento experimental, onde é aplicada uma técnica de acionamento de motor de indução utilizando dois conversores como alimentação. No esquema de controle proposto, o conversor traseiro se encarrega de entregar a potência reativa solicitada pelo componente de tensão reativa do motor, o qual cresce rapidamente em altas velocidades; esta compensação busca alongar a região de enfracimento do motor.
- Dias (2013), em sua dissertação de mestrado apresenta os processos de modelagem e controle da dinâmica longitudinal de um carro autônomo, com os principais elementos que compõem a dinâmica do conjunto motor-transmissão para controlar a velocidade do veículo.
- Wang et al. (2011) que demonstra as caracterizações de desenvolvimento experimental de um protótipo de veículo elétrico puro, é equipado com quatro motores de acionamento independente e alimentado por uma bateria de 72 V. Este modelo especificamente é similar ao modelo aqui proposto, onde temos 4 atuadores, sendo dois para cada eixo, posicionados a esquerda e direita do chassi.
- Santiago et al. (2011) apresenta em seu artigo uma revisão crítica das linhas de transmissão em veículos totalmente elétricos (EVs). As topologias de motor a serem usados em EVs também são apresentadas neste estudo. As vantagens e desvantagens de cada tipo de motor elétrico são discutidas a partir de uma perspectiva sistêmica. A pesquisa mostra que os fabricantes de automóveis são muito conservadores quando se trata de introduzir novas tecnologias.
- Gramazo-Real, et al. (2010) com o trabalho para controlar acionamentos de motor elétricos sem corrente contínua. O modelo de Gramazo-Real (2010) inclui ainda: (1) a análise de fundo usando sensores; (2) modelagem das limitações e avanços dos motores; (3) aprimoramento do desempenho e da confiabilidade dos motores sem corrente contínua, por meio da tecnologia que usa sensoramento.

A literatura dispõe de vários outros trabalhos correlatos que cobre e corrobora com esta temática, em geral, estes trabalhos apresentam aplicações muito específicas. Portanto, estes textos foram usados apenas na aquisição e construção de conhecimentos para ser aplicado no modelo aqui proposto.

3. MODELAGEM DO CONTROLADOR DE VELOCIDADE

O modelo experimental projetado para controlar a velocidade do veículo corresponde a um modelo de primeira ordem com os seguintes itens: (1) motor elétrico; e (2) um codificador (sensor de velocidade) (Medeiros et al, 2016). A Figura 1 mostra o diagrama de blocos do modelo proposto

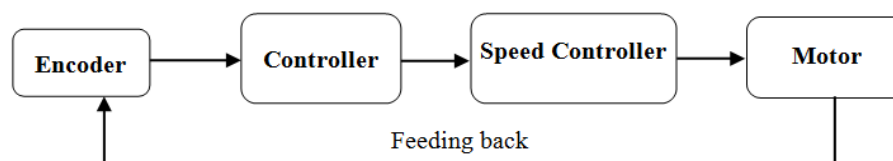


Figura 1: Diagrama de Blocos do controlador de Velocidades (Medeiros Jr, 2011)

3.1. Modelo Matemático do Motor Elétrico.

O modelo matemático do motor elétrico é mostrado nas equações de tensão, em volts, do rotor e do estator (Neto *et al.*, 2007).

$$V_i = R_i I_i + \frac{d\lambda_i}{dt} \quad (1)$$

Onde: o índice "i" representa as fases *a*, *b*, *c* do estator e *A*, *B*, *C* do rotor. O termo λ representa o fluxo total concatenado (fluxo de dispersão mais fluxo mútuo). As matrizes *R* e *I* são de resistência e corrente do estator e rotor.

O torque eletromagnético (*Te*) pode ser obtido variando a energia magnética *W* em relação a θ_{mec} (rad/sec), que é o deslocamento angular mecânico do rotor em relação a uma referência fixa (Neto *et al.*, 1997) , obtido pela equação (7):

$$Te = \frac{\partial W'}{\partial \theta_{mec}} \Big|_{i_{const}} \quad (2)$$

A equação de oscilação (3) relativa (*Te*) ao torque de carga (*Tc*), momento de inércia *J* (*Kg.m²*), posição angular θ_{mec} (rad/sec) e coeficiente de fricção *B*, pode ser escrita como:

$$Te = Tc + J \frac{d\omega_{mec}}{dt} + B\omega_{mec}, \quad (3)$$

$$\text{where: } \omega_{mec} = \frac{d\theta_{mec}}{dt} \quad (4)$$

A variação de velocidade nos motores de indução tem uma relação entre a rotação, a frequência de alimentação, o número de polos e o deslizamento de um motor de indução, de acordo com a equação (5).

$$n = \left[\frac{120}{p} f \right] \cdot (1 - S) \quad (5)$$

Onde: *n* é velocidade em *rpm* (Rotação por Minuto); *f* a frequência em Hz; *p* o número de polos; e *S* o deslizamento.

A Equação (5) indica que é possível operar com três parâmetros para variar a velocidade, sendo:

1. Número de polos (*p*) – corresponde a variação discreta (2, 4, 6, etc.) e provoca um aumento no volume da carcaça do motor;
2. Deslizamento (*s*) – a variação é contínua; provoca perdas de rotor e tem uma pequena variação (este método só pode ser aplicado em motores com rotores enrolados);
3. *f* é a frequência da tensão de alimentação – com variação contínua.

3.2. Modelagem do Sistema de Controle de Tração / Frenagem.

Segundo Omar (2009) apud Dias (2013), a força inercial aplicada ao carro é igual ao somatório das forças: (1) da resistência dos componentes do sistema de transmissão ($\vec{F}_{rcst}$); (2) do arrasto aerodinâmico ($\vec{F}_{aaero}$); (3) da frenagem ($\vec{F}_{fren}$); (4) da componente gravitacional de inclinação ($\vec{F}_{cgi}$), e (5) da força exercida pelo motor nas rodas tracionáveis através do sistema de transmissão ($\vec{F}_{motor}$). Assim, tem-se a seguinte equação geral para um sistema de frenagem longitudinal:

$$\frac{v}{d}(Mvel) = \vec{F}_{rcst} + \vec{F}_{aaero} + \vec{F}_{fren} + \vec{F}_{cgi} + \vec{F}_{motor} \quad (6)$$

Onde: *M* é a massa do veículo em movimento e *vel* é sua velocidade nominal longitudinal.

O modelo apresentado neste trabalho ainda apresenta as seguintes variáveis: (1) a distância (*d_{vf}*) do obstáculo ou veículo da frente, e a distância do veículo de trás (*d_{vt}*). Os valores atribuídos a estas variáveis dependem da velocidade longitudinal, do tempo de leitura dos sensores (*T_{lsen}*), do tempo de processamento (*T_{proc}*) e do tempo de transferência da informação (*T_{inf}*).

Logo, para o controle de frenagem (*CF*) do veículo, além da variação apresentada na equação (5), deve-se ainda ser considerada a equação (7):

$$CF = \frac{Dvf}{n_s} (V_{long} (T_{lsen} + T_{proc} + T_{inf})) \quad (7)$$

Desta forma, a partir do resultado da computação feita entre as distâncias dos veículos, aplica-se a pressão (P_{des}) dada pela quantidade de polos¹ (qp) do motor para a desaceleração e a frequência (f). Este processo pode ser representado pela equação (8).

$$P_{des} = \left(n_s = \frac{60 \cdot f}{qp} = \frac{120 \cdot f}{8qp} (rpm) \right) \quad (8)$$

Para a aceleração (Ac), deve-se observada a distância do veículo traseiro (d_{vt}), a velocidade longitudinal (V_{long}) e os tempos (T_{lsen} , T_{proc} , T_{tinf}), além do torque apresentado pelas equações (2), (3) e (4). Assim temos:

$$Ac = \frac{Dvt}{n_s} (-V_{long} (T_{lsen} + T_{proc} + T_{tinf})) \quad (9)$$

Uma vez obtido os resultados do calculo do fator de aceleração (Ac), pode-se aplicar o controle de aceleração (AC) como mostra a equação (10).

$$CA = \left(Ac + (C = \frac{P_s}{\omega_s}) \right) \quad (10)$$

Onde: C é conjunto nominal (Nm); P_s = Potência de Saída Nominal (KW); e ω_s = a velocidade angular em radianos por segundo (WEG, 2015).

3.3. Modelagem Conceitual

A Figura 2 abaixo apresenta o diagrama de blocos do esquema, envolvendo: (1) Modelo: que emite os sinais de controle de entrada e saída; (2) Motor elétrico: Motores de tração elétrica utilizado no modelo; (3) Console (software): Conjunto de rotinas operacionais escritas na linguagem C; (4) Mecanismos: compostos pelo aparato mecânico, como a transmissão e os atuadores, e (5) Sensoriamento: Composto pelos sensores ópticos e os sensores.

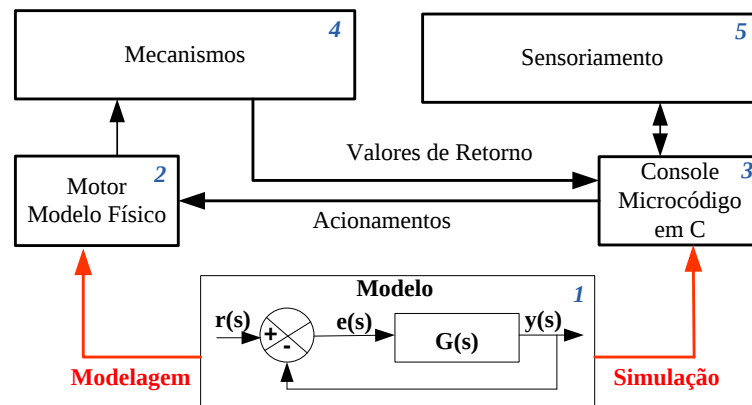


Figura 2: Diagrama de bloco do modelo de controle de frenagem
(adaptado de [Medeiros Jr et al., 2016])

No modelo acima, o sinal de controle é determinado de forma a corrigir o desvio entre a saída, e o sinal de referência. O dispositivo utiliza o sinal de erro para determinar ou calcular o sinal de controle a ser aplicado ao modelo, denominado de controlador ou compensador (OGATA, 2010).

2.3.1 Prototipação.

O desenvolvimento de um modelo conceitual (protótipo) tem como único objetivo verificar a viabilidade do projeto, de acordo com os componentes necessários para o construto e o modelo lógico desenvolvido. Para tanto, o protótipo foi desenvolvido a partir de um *Kit Lego Mindstorms 2.0*, com as seguintes características.

1. **Kit Lego NXT Mindstorms 2.0**
 - Controlador NXT;
 - Chassi construído com peças do Kit Lego;
2. **Sistemas de Automação e Controle**
 - 4 Sensores: sendo 2 sensores ópticos e dois sensores ultrassônicos (*infrared*);
 - 3 Atuadores (servo motores Lego NXT);

A Figura 3 apresenta o protótipo construído a partir dos componentes Lego. Na Figura 3 (a) destaca-se os sensores ultrassônicos na parte frontal e traseira e os sensores ópticos nas laterais esquerda e direita. Já a figura 2 (b), apresenta a

¹ Assumimos que neste modelo, o motor possui 8 polos. Isto porque usamos um motor de 2 polos para cada um dos lados dos eixos frontal e traseiro, ou seja, nas 4 rodas.

parte inferior do protótipo, destacando três servo motores (atuadores), sendo um direcional e os outros dois localizados na traseira para a propulsão.

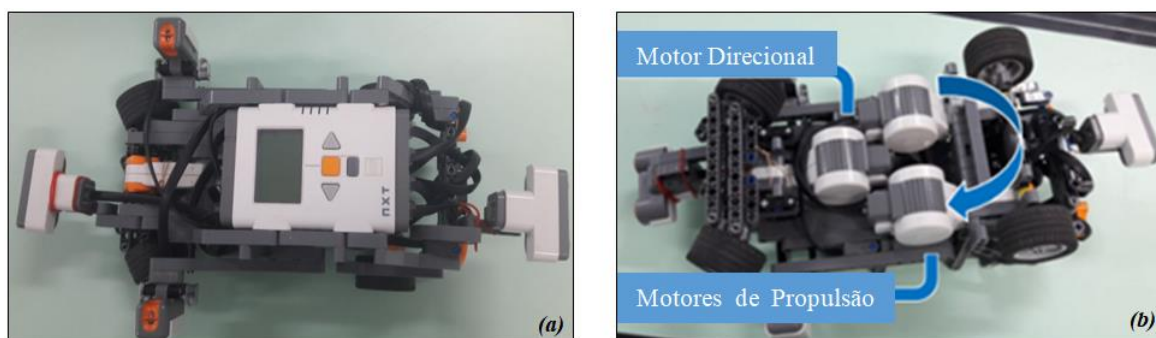


Figura 3 (a) e (b): Protótipo do veículo autônomo com controle de tração elétrica.

3.4 Modelo desenvolvido

Para desenvolver este projeto, foi necessária a utilização de um micro controlador Arduino, o qual recebeu a programação em C do controlador de velocidade. Foram utilizados ainda dois sensores ultrassônicos, e dois sensores ópticos, além de quatro motores e um chassi para o veículo.

A relação completa e a descrição dos materiais usados para desenvolver o modelo experimental podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1: Especificação técnica do material utilizado no modelo

Especificação Técnica do Modelo Experimental				
Nome	Tipo	Modelo	T.d.	Característica
Sensor	Ultrassônico	HC-SR04	2	2 cm – 400 cm
Sensor	Óptico Reflexivo	TCRT5000	2	4-Pin Tube - Rail
Atuador	Motor DC	Kit chassi	2	3 – 6 V
Atuador	Micro Servo Motor	SG90	2	3 – 6 V
Drive de potencia	Ponte H	L298	1	3 – 24 V
Micro controlador	Arduino	UNO	1	ATMega328
Kit Chassi	4 Rodas	Para Arduino	1	4WD
Eixo	Direcional	Própria Fabricação	1	Madeira
Bateria	DC	-	1	12V

Na Figura 4 (a), (b) e (c) são apresentados os componentes físicos da planta do modelo experimental.

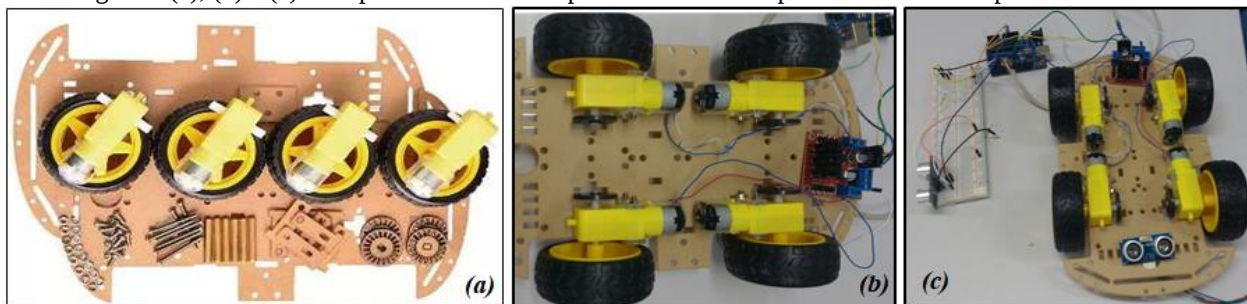


Figura 4: (a) Componentes do carro elétrico e (b) Carro Elétrico montado (c) Sensores e atuadores

O sensor ultrassônico é um sensor formado por um emissor e um receptor e é responsável por detectar algo à sua frente ou traseira, neste específico caso. O sensoriamento é responsável por determinar a distância entre o veículo e o obstáculo e enviar as informações para o micro controlador Arduino. A partir dos dados enviados pelos sistemas de sensores, é feito o cálculo para a aceleração e a frenagem, que é obtido em função da velocidade do veículo. O cálculo da frenagem continua sendo feito e aplicado à medida que o veículo se aproxima de um objeto. Este processo é repetido até que a função de redução de velocidade chegue ao zero absoluto. O cálculo de aceleração é feito enquanto o sensor traseiro conseguir fazer leitura do obstáculo e enviar os valores para o controlador.

Na Figura 5, têm-se o diagrama de ligação feito entre o controlador Arduino, os motores/atuadores elétricos e os sistemas de sensoriamento. A descrição dos itens segue a ordem de enumeração, conforme apresentado a seguir: (1) Conectores (portas); (2) e (3) Ponte H; (4) e (5) Sensores ópticos infravermelho; (6) Micro controlador; (7) Servo Motores / Atuadores; (8) e (9) Sensores ultrassônicos.

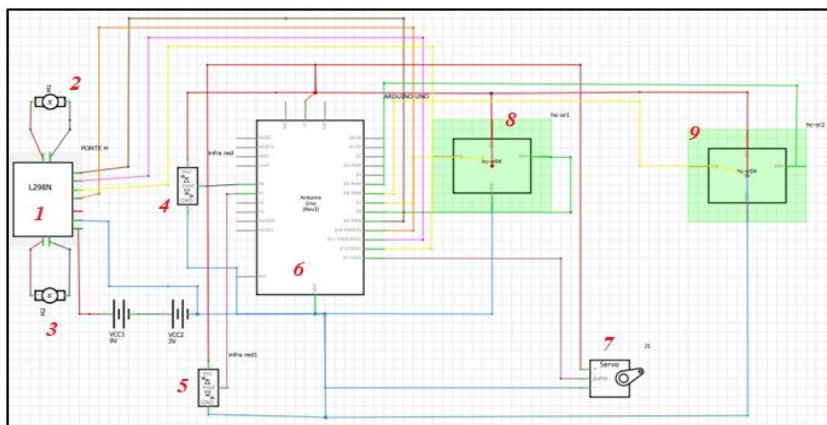


Figura 5. Diagrama de ligação

A vantagem de se usar a plataforma Arduino Uno para este tipo de projeto está na facilidade em realizar as conexões e configurações, além da possibilidade de desenvolver as rotinas de controle em na linguagem de programação C e descarregar o código em seu micro controlador. A desvantagem certamente está nas limitações físicas, como *p.ex.* o número de portas. Isto foi um empecilho, pois impediu que fosse configurado a quantidade de sensores ópticos necessários, para que além do controle de frenagem e aceleração, pudesse ser configurado um controle de “*margemento*” de pista para manter o veículo na via.

3.5 Programação do Modelo

A Figura 6 apresenta parte do código da micro programação desenvolvida para o controlador Arduino, onde é apresentadas a codificação para as funções de leitura do sensoriamento e as funções de cálculo de distancia e controle de velocidade.

```
#include <Ultrasonic.h>
//Define os pinos para o trigger e echo
#define pino_trigger 8
#define pino_echo 9
//Inicializa o sensor nos pinos definidos acima
Ultrasonic ultrasonic(pino_trigger, pino_echo);
//motor A
int IN1 = 5;
int IN2 = 6 ;
int velocidadeA = 7;
//motor B
int IN3 = 3;
int IN4 = 4 ;
int velocidadeB = 2;
//variavel auxiliar
int velocidade = 0;
//Inicializa Pinos
void setup(){
  pinMode(IN1,OUTPUT);
  pinMode(IN2,OUTPUT);
  pinMode(IN3,OUTPUT);
  pinMode(IN4,OUTPUT);
  pinMode(velocidadeA,OUTPUT);
  pinMode(velocidadeB,OUTPUT);

  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Lendo dados do sensor...");
}

void loop(){
  float cmMsec;
  long microsec = ultrasonic.timing();
  cmMsec = ultrasonic.convert(microsec, Ultrasonic::CM);

  //Sentido 2
  digitalWrite(IN1,LOW);
  digitalWrite(IN2,HIGH);
  digitalWrite(IN3,HIGH);
  digitalWrite(IN4,LOW);

  //Alta
  if (cmMsec>=50){
    digitalWrite(IN1,LOW);
    digitalWrite(IN2,HIGH);
    digitalWrite(IN3,HIGH);
    digitalWrite(IN4,LOW);
    analogWrite(velocidadeA,255);
    analogWrite(velocidadeB,255);
  }
  else if(cmMsec>=30 && cmMsec<50){
    digitalWrite(IN1,LOW);
    digitalWrite(IN2,HIGH);
    digitalWrite(IN3,HIGH);
    digitalWrite(IN4,LOW);
    //Intermediaria
    analogWrite(velocidadeA,125);
    analogWrite(velocidadeB,125);
  }
}
```

Figura 6: Micro programação do sistema de controle de velocidade

3. DISCUSSÕES, TESTES E RESULTADOS

A multidisciplinaridade deste projeto exigiu a realização de pesquisas paralelas tanto para a construção do modelo quanto para o entendimento dos mecanismos e suas configurações, como: (1) entendimento da funcionalidade e aplicabilidade de uma ponte H para fazer o acionamento dos motores DC; (2) O entendimento do funcionamento e controle de tração de motores elétricos; (3) a funcionamento e o tempo de respostas dos sensores ultrassônicos, especialmente o modelo escolhido (HC-SR04); (4) a física por trás deste tipo de projeto (inércia, movimento, aceleração e desaceleração) e (5) como desenvolver / implementar as funcionalidades do sistema de controle de velocidade com programação simples e objetiva para a aplicação do modelo teórico.

A partir do entendimento da construção, da modelagem e da configuração, alguns testes puderam ser aplicados:

1. Teste da ponte H com dois tipos de alimentação (interna e externa), para medir as diferentes potências nos motores.
2. Teste de captação frequência de luz dos sensores de luminosidade em função das características do projeto;

3. Teste de calibração dos feixes de luz;
4. Teste de frequência e rotação dos servo motores;
5. Teste de envio de sinais entre: sensores, console (controladora) e os servos motores;
6. Teste de tempo de resposta do modelo (disparo, ação e reação);

Os itens (1-5) correspondem a testes de funcionamento e aplicabilidade dos componentes do modelo experimental. O teste aplicado referente ao item 6, diz respeito ao estímulo, dado pelo processamento das medições de distancia, processamento, disparo e entrega dos valores aos compondes.

Os resultados destes testes² mostraram-se satisfatórios quanto ao tempo de resposta obtido para cada uma das variáveis: tempo de leitura dos sensores, tempo de envio das informações (distância); tempo processamento dos dados colhidos; tempo de disparado dos dados processados e o tempo de reação dos mecanismos do modelo (motores). Os valores de referência observados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Valores Observados

Teste Aplicado / Valores Observados				
Tipo de Testes	Sensor Ultrassônico	Sensor Óptico	Atuadores	Micro Controlador
Tempo de Leitura	2,2 ms em 20 cm	0,00	Não se aplica	Não se aplica
Tempo de Envio/Recebimento	0,05 ns	0,00	Não se aplica	0,05 ns (recebimento)
Tempo de Processamento	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	0,00001 ns
Tempo de Disparo	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	0,00001 ns
Tempo de reação	Não se Aplica	Não se aplica	Não medido	0,00001 ns

Os sensores óticos apresentaram tempo medição zero (0,0) absoluto, isto porque possivelmente tenha sofrido interferência da distancia ($\cong 2\text{ cm}$) entre o modelo e o objeto (faixas da pista). Já os sensores ultrassônicos tiveram tempo de leitura de 2,7 milissegundos segundos para uma distância mínima de 20 centímetros. A distância máxima lida por estes sensores foram de 40 centímetros em um tempo de 3,5 milissegundos. O tempo de recebimento das informações pelo console (micro controlador) ficou na casa de 0,05 nanosegundos, enquanto que o tempo de processamento e disparo ficou próximo do zero absoluto, assim como o tempo de reação do controlador. Não foi possível realizar a medição do tempo de reação dos atuadores.

4. CONCLUSÃO

A cada dia os veículos automotivos apresentam novidades tecnológicas em seu construto e a tendência é que esses avanços tecnológicos estejam cada vez mais presentes nos bens de consumo e consequentemente no cotidiano das pessoas, garantindo assim, mais conforto, acessibilidade e segurança, tanto para pedestres quanto para condutores.

Este trabalho é uma pequena realização em que se espera contribuir para o desenvolvimento de tecnologias que possa ser aplicada em veículos limpos (não poluentes). Espera-se ainda que com a aplicação da automação e controle, as tarefas de dirigibilidade de veículos automotores possam ser facilitadas e promover maior segurança com a redução dos riscos de acidentes de trânsito. Outro fator importante a ser considerado, é que com o emprego de recursos tecnológicos, este tipo de trabalho também proporciona a inclusão através da tecnologia assistiva, contribuindo diretamente com as pessoas com dificuldade física para condução de veículos.

Mesmo sendo um modelo montado e testado apenas em laboratório acadêmico, acredita-se que o trabalho possa contribuir para pesquisas e projetos futuros, principalmente na construção de modelos mais realísticos, isto porque, tanto os recursos eletrônicos utilizados quanto a programação algorítmica elaborada na linguagem C, possui aplicabilidade em projetos de maior escala.

5. REFERÊNCIAS

- [1] Dias, J. E. A.; Modelagem Longitudinal e Controle De Velocidade de um Carro Autônomo; Dissertação De Mestrado; UFMG, 2013.
- [2] Fujimoto, H., Harada, S.; Model-Based Range Extension Control System for Electric Vehicles With Front and Rear Driving-Braking Force Distributions; Browse Journals & Magazines > IEEE Transactions on Industrial Electronics; Volume: 62 Issue: 5; IEEE Xplorer; 2015
- [3] Gamazo-Real, J. C., Sanchez, V., Gil, J. G.; Position and Speed Control of Brushless DC Motors Using Sensorless Techniques and Application Trends; Department of Signal Theory, Communications and Telematic Engineering, University of Valladolid (UVA), Valladolid, Spain; 2010.
- [4] Groover, M P.; Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing, 3a. edição, Prentice Hall, 2007.
- [5] Medeiros JR, J., Ribeiro, S. A., Almeida, N. N., Neto, L. B. Um Modelo para Montagem de Projetos de Sistemas Térmicos em Ambientes de Ensino de Controle e Automação (Parte 1): Uma Abordagem para Controles PID. Anais COBENGE 2016.

² Todos os testes foram aplicados em uma superfície plana, sem declive, active, lombadas e /ou buracos.

- [6] Medeiros Jr, J.; Um ambiente de aprendizagem em automação e controle baseado em sistemas nebulosos; Dissertação de Mestrado; Faculdade de Engenharia Elétrica; UERJ; 2011.
- [7] Neto L. M., Camacho J.R., Salerno C. H. E., Alvarenga B. P., Analysis of a Three-Phase Induction Machine Including. 2007.
- [8] OGATA, K. Engenharia de Controle Moderno; 5a.edição - Ed. Pearson; São Paulo - SP, 2010.
- [9] Pack, D.; Microcontrollers Fundamentals for Engineers and Scientists. Morgan & Claypool Publishers, 2006;
- [10] Rueda, A. O. S. Controle do Motor de Indução para Veículos Elétricos Mediante o Uso de Duplo Conversor; Dissertação de Mestrado; PEE/COPPE/Ufrj; 2014
- [11] Santiago, J., Bernhoff, H., Ekergard, B., Eriksson, S., Ferhatovic, S., Waters, R., Leijon, M.; Electrical Motor Drivelines in Commercial All-Electric Vehicles: A Review; Browse Journals & Magazines; IEEE Transactions on Vehicular Technology; Volume: 61 Issue: 2; IEEE Xplorer; 2011.
- [12] Schneider, A.O., Andrade, F.S.; Sistemas Embarcados - Hardware e Firmware na Prática - 1ªEd.; Ed. Erica; 2006.
- [13] Wang, R. Chen, Y.; FENG, D. Huang, X.; Wang, J.; Development and performance characterization of an electric ground vehicle with independently actuated in-wheel motors; Journal of Power Sources; Volume 196, Issue 8, , Pages 3962-3971, Elsevier; April 2011.
- [14] WEG, Soluções em Propulsão & Tração Elétrica, WEG em Revista Nº 79 - Jul/Ago/Set 2015;

6. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores deste texto são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho!

A PROPOSAL FOR THE AUTOMATION AND CONTROL OF AUTOMOTIVE VEHICLES WITH ELECTRICAL TRACTION

Sildenir Alves Ribeiro, sildenir.ribeiro@cefet-rj.br¹

Alexandre Silva de Lima, alexandre.silva.lima@cefet-rj.br²

Jair Medeiros Junior, jair.medeiros@cefet-rj.br¹

Felix do Rego Barros, felix.barros@cefet-rj.br¹

Manoel Rui Gomes Maravalhas, Manoel.maravalhas@cefet-rj.br¹

Ronilson Rodrigues Pinho, ronilson.pinho@cefet-rj.br¹

¹CEFET-RJ, Coordination of Industrial Automation, St. Miguel Angelo, 96, Maria da Graça – Rio de Janeiro-RJ.

²CEFET-RJ, Department of Mechanical Engineering, Av. Maracanã, 229, Maracanã, – Rio de Janeiro-RJ ²

Abstract. *The objective of this work is to present a proposal to automate and control the speed of an automotive vehicle with electric traction and with that, to assist the drivers in the tasks of driving and prevention of traffic accidents. With automation, the vehicle will be able to take controls such as: (1) speed control through distance measurement; (2) braking and stability control, and (3) traffic area control (track) and object detection. To carry out the project, a field study was carried out involving the research object, the action plan and the feasibility of the project. The project was divided into two stages: (1) Construction of an experimental prototype using LEGO Mindstorms kit; and (2) Construction of a model (final design) developed from the field study and observations collected during the construction and testing of the prototype. The final design consists of a two-axle, four-wheel car with two-step motors and a set of sensors to provide the control mechanisms. The project also includes a system for control and management of the model using Arduino kits. The work activities applied in the project are multidisciplinary and involve theoretical and practical knowledge of the following disciplines: Robotics, Electronics, Automation and Control, Sensing and programming in C language. Projects of this nature are important because it allows simulating in laboratories devices and automation environments and control that resembles applications developed in real production environments.*

Keywords: *Microcontrolling systems, Electric Motors, Automation e Control, Remote Sensing, Embedded Systems.*