

DESENVOLVIMENTO, MODELAGEM E ANÁLISE DE SISTEMA ELETROMECÂNICO APLICADO A LIMPEZA DE VISEIRA DE CAPACETE

Felipe Ferreira¹, Flavio Bispo², Luciano Silva³, Claudio Oliveira⁴

¹ Universidade Tiradentes / Grupo de Pesquisa em Robótica de Sergipe SERGROB, E-mail: felipe.raniereeng@hotmail.com;

² Universidade Tiradentes / Grupo de Pesquisa em Robótica de Sergipe SERGROB, E-mail: flavio.santiago.bispo@hotmail.com;

³ Universidade Tiradentes / Grupo de Pesquisa em Robótica de Sergipe SERGROB, E-mail: trixluc@hotmail.com;

⁴ Universidade Tiradentes / Grupo de Pesquisa em Robótica de Sergipe SERGROB, E-mail: clalulana@hotmail.com;

RESUMO

Veículos seguros estão se tornando cada vez mais comuns em todo o mundo. Isso se deve ao fato da constante evolução da tecnologia, principalmente a dos sistemas embarcados. Esta tecnologia não se limita aos veículos de quatro rodas ou mais. As motocicletas também estão cada vez mais tecnológicas. Neste sentido, este trabalho tem por objetivo desenvolver, modelar e conduzir testes para um sistema de limpeza de viseira para capacetes, a fim de ajudar os motociclistas em dias chuvosos. Os resultados obtidos em simulação mostram que a abordagem proposta funciona bem tanto nas situações sem perturbações quanto na influência das perturbações aerodinâmicas.

Palavras-Chaves: *Veículos seguros; Evolução Tecnológica; Sistema de Limpeza de Viseira; Capacetes.*

ABSTRACT

Safe vehicles are becoming increasingly common worldwide. That is because of the increasing technological evolution, especially of the embedded systems. This technology is not limited to four or more wheeled vehicles. Also the motorcycles are increasingly technologies. In this sense, this work has aim to develop, model and conduct tests for a visor cleaning system in helmets in order to help motorcycle riders on rainy days. The results on simulation show that the proposed approach work well as in the situations without disturbances as in the influence of aerodynamic disturbances.

Keywords: Safer Vehicles; Technological Evolution; Visor Cleaning System; helmets.

1. INTRODUÇÃO

Os automóveis têm sido usados para mover os seres humanos ou objetos desde que foi inventado [1]. Em adição a estes, os veículos ciclomotores possuem algumas vantagens, tais como: relação custo de operação e manutenção menor, locomoção em lugares estreitos, alto arranque e entre outros. Em contrapartida, esse tipo de veículo possui uma perigosa desvantagem: a vulnerabilidade do condutor e passageiro em situações de acidentes.

No Brasil, a produção de veículos ciclomotores está em constante crescimento nas últimas duas décadas [2]. Aliado a essa evolução na produção e no consumo estão às estatísticas de acidentes e mortes. Segundo dados encontrados em [3], os acidentes envolvendo os motociclistas aumentaram mais de 679% entre os anos de 1996 a 2010 e está em rápido e contínuo crescimento. Em São Paulo, maior cidade brasileira, cerca de 45% dos acidentados em 2011 foram usuários de veículos como motos [4].

Um fatores que interfere na pilotagem de uma motocicleta é o clima [5]. Em dias de chuva, a pista fica escorregadia, as distâncias de frenagem aumentam, a estabilidade e a visibilidade do piloto diminuem deixando-o confuso devido à quantidade de gotas de água que colidem com a viseira e etc. Dessa forma, o acúmulo de água na viseira de capacetes pode provocar, além da diminuição de visão, o risco de acidentes.

Ainda no Brasil, cerca de 76% das indenizações pagas no ano de 2014 pela Seguradora Líder, que administra o DPVAT, foram para acidentes envolvendo motocicletas, embora a frota nacional represente apenas 27% do valor absoluto [6].

Com o objetivo de reduzir esses números de acidentes e, conseqüentemente, aumentar as chances de vida de passageiros e condutores de veículos, a tecnologia de embarcados este em constante evolução [7]. Os carros e caminhões atualmente têm alta gama de acessórios de segurança embarcado com a finalidade de proteger seus usuários [8]. Em [8] um sistema embarcado para segurança e proteção de cabine de veículo foi proposto visando a integração de módulos, tais como: sensores para detecção de gás e barreira, com suporte a tecnologia GSM.

No trabalho de [9] é proposto um sistema de localização e rastreamento de veículos utilizando o aplicativo Google Earth. Neste as coordenadas GPS são recebidas e, após o processamento de dados, o aplicativo é usado para exibir a localização atual do veículo. Em [10] foi proposto, também, um método para rastreamento de veículos e sistema de bloqueio usado para rastrear o veículos roubados utilizando tecnologia GPS e GSM através de mensagens. [1] propuseram um sistema embarcado para frenagem suave ou parcial de veículos com a finalidade de reduzir acidentes.

Neste sentido, o presente trabalho propõe desenvolver um sistema embarcado automático para limpeza de viseiras de capacetes para usuários de motocicletas com a finalidade de reduzir os riscos de acidentes em dias chuvosos.

A obra está organizada como segue: estabelecimento do problema, modelagem matemática do sistema eletromecânico, modelagem das perturbações causadas pelo efeito do vento estão incluídos na seção III. Os resultados das simulações e as discussões sobre estes são apresentados na seção IV e, por fim, na seção V são feitas as conclusões e apresentadas propostas de trabalhos futuros.

2. METODOLOGIA

Nesta seção é descrito o desenvolvimento do projeto e o modelo matemático analítico da estrutura que é composta por um servomotor acoplado a uma haste, a qual contém um rodo para limpeza da viseira do capacete como mostra a Figura 1.

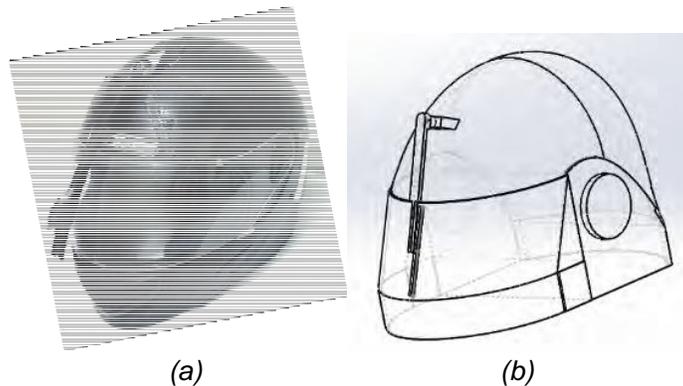


Figura 1 – Capacete com haste de limpeza. (a) Representação real. (b) Representação em CAD. Fonte: Elaborada pelo autor.

2.1. Projeto

A inspiração para este trabalho decorre dos limpadores de para-brisas instalados em veículos automóveis. A estrutura de limpeza do protótipo consiste de materiais reciclados de automóveis do tipo Fusca 69 da empresa Volkswagen. Assim, a haste e o rodo são adaptados de forma a estarem sempre em contato com a viseira. O sistema eletromecânico acoplado a haste é composto por um servomotor de torque nominal de $1,6 \text{ Kg/cm}$ e alimentado a 6 volts. Este servomecanismo é instalado no eixo de simetria do capacete e acima da viseira, como se vê na Figura 1. Por fim, a placa Arduino UNO da Arduino® é responsável por aplicar as ações de controle, via código, para os ângulos desejados.

2.2. Influência de Fatores Externos

Os sistemas com realimentação possuem uma vantagem com relação aos sistemas em malha aberta no tocante a capacidade de reduzir os efeitos causados por

distorções, ruídos e perturbações indesejadas [11]. Nesse sentido, o vento é uma variável responsável por influenciar trajetórias de corpos que se deslocam pelo ar. Segundo [12], a velocidade do vento toma valores positivos quando está a favor do deslocamento do objeto e, em oposição, a velocidade toma valores negativos quando está contra o vento.

Dessa forma, uma influência direta da ação do vento em um corpo é a força de arrasto, F_a , expressa pela equação (1).

$$F_a = C_a q(v) A \quad (1)$$

em que C_a é o coeficiente de arrasto, $q(v) = 0,613v^2$ é a pressão dinâmica do vento, sendo, v , a velocidade característica do vento e, A , é a área frontal de efeito do corpo.

O coeficiente de arrasto é um parâmetro adimensional, mas toma todos os aspectos de configuração aerodinâmica do corpo [13]. Para este trabalho será adotado o coeficiente para uma placa retangular conforme [13].

O módulo do torque aerodinâmico causado na superfície da palheta de limpeza é dada então por

$$T_D = F_a \cdot \frac{r}{2} \quad (2)$$

em que r é o comprimento do suporte desde o acoplamento com o eixo do servomotor até a extremidade da palheta de limpeza.

2.3. Modelo Matemático do Servomotor

Esta subseção estabelece uma sequência ordenada de blocos que compõe o modelo do sistema com a finalidade de investigar todos os comportamentos do servomecanismo e os efeitos causados pelas perturbações. Para tal, o primeiro elemento do sistema a ser modelado é o motor elétrico.

Os motores elétricos podem ser classificados por suas funções, tais como: servomotores, motores de engrenagens, e entre outros, e por suas configurações elétricas, como: CC, corrente contínua, e CA, corrente alternada [14]. Os motores CC são caracterizados por serem capazes de desenvolver torque constante e frenagem controlada de forma mais simples quando comparado ao motor de corrente alternada [15].

Neste contexto, o servomecanismo analisado consiste em um arranjo formado por um motor de CC, um conjunto de engrenagens e por um sistema de controle responsável controlar posição angular e velocidade angular em malha fechada. Logo, a função de transferência do servo controlado pela corrente de armadura é

obtida via [14] e esquematizado na Figura 2.

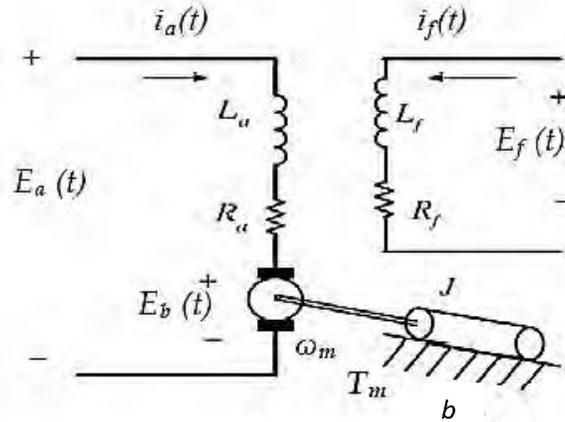


Figura 2 – Esquema de motor CC controlado pela armadura. Fonte: Adaptado de [14].

Sejam,

$E_a(t)$: Tensão de Entrada;

$T_m(t)$: Torque do Motor;

$I_a(t)$: Corrente de Armadura;

$\omega_m(t)$: Velocidade Angular do Motor;

R_a : Resistencia de Armadura;

J : Momento de Inercia do Motor;

L_a : Indutância de Armadura;

k_b : Constante da *fcem*;

$E_b(t)$: Força Contra Eletromotriz *fcem*;

b : Coeficiente de Fricção de Viscosidade;

Aplicando Laplace em todas as variáveis supracitadas e considerando a corrente de campo constante, o torque do motor é dado por (3)

$$T_m(s) = k_m I_a(s) \quad (3)$$

em que K_m é a constante de torque. A tensão na armadura é dada como (4)

$$E_a(s) = (R_a + L_a s) I_a(s) + E_b(s) \quad (4)$$

A *fcem* é diretamente proporcional a velocidade de rotação do eixo do motor CC. Logo, $E_b(s) = k_b \omega_m(s)$, em que ω_m é a velocidade angular do motor.

A fim de obter o torque motor, T_m , do sistema eletromecânico que atuará no eixo do motor, deve-se substituir a corrente de armadura, encontrada na expressão (4), em (3). O torque T_D é decorrente de perturbações oriundas da ação do vento e seu valor pode ser positivo quando a favor do desenvolvimento de T_m ou negativo, caso contrario. Assim, o torque de carga T_L é obtido como:

$$T_L(s) = bs\theta_m(s) + Js^2\theta_m(s) = T_M(s) \pm T_D(s) \quad (5)$$

Como o motor possui caixa de redução e este é assumido ter deslocamento é lento, considera-se a dinâmica é desprezível. Logo, a posição angular de saída é dada por: $\theta_f = \eta\theta_m$, em que η é a relação de engrenagens do motor.

A função de transferência do sistema eletromecânico em malha fechada é dada em (6), fazendo $T_D = 0$.

$$\frac{\theta_f(s)}{V_a(s)} = \frac{K_1 t_1}{s^2 + (K_2 t_1)s + K_3 t_1} \quad (6)$$

em que $t_1 = \frac{1}{RaJ}$, $k_1 = k_{amp}k_m\eta$, $k_2 = Ra b + k_b k_m$ e $k_3 = k_{amp}k_m k_{pot}\eta$. Em (7) é dada a função de transferência do sistema eletromecânico em malha fechada considerado apenas T_D como entrada, isto é, faz-se $V_a = 0$.

$$\frac{\theta_f(s)}{T_D(s)} = \frac{K_4}{s^2 + K_5 s} \quad (7)$$

em que $k_4 = -\frac{\eta}{J}$ e $k_5 = b + \frac{k_m}{Ra}(k_{amp}k_{pot} + k_b)$.

O sistema eletromecânico completo pode ser esquematizado pelo diagrama de blocos na Figura 3.

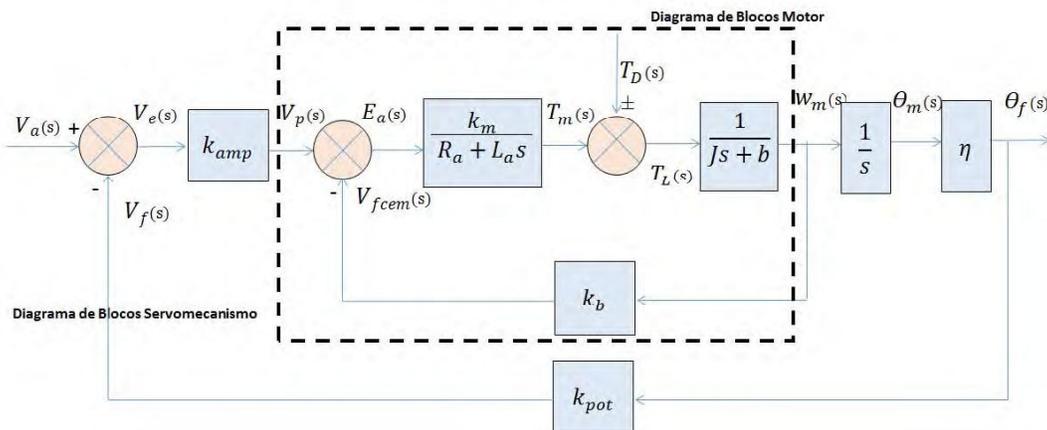


Figura 3 – Diagrama de blocos. Fonte: Adaptado de [11].

V_a : Tensão desejada;

V_e : Tensão de erro entre V_a e V_f ;

K_{pot} : Constante de proporcionalidade; V_p : Tensão pré-amplificada;
 K_{amp} : Ganho do amplificador; E_a : Tensão amplificada;
 w_m : Velocidade Angular; T_m : Torque do Motor;
 V_f : Tensão de realimentação; T_D : Vento;
 T_L : Torque aplicada; θ_m : Deslocamento angular real;
 θ_f : Deslocamento angular;

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção são realizados os experimentos para o sistema proposto. Os resultados para análise do modelo e do comportamento da estrutura sob ação do vento foram obtidos via simulação computacional usando o software Matlab® e SolidWorks®, respectivamente. Foram realizados experimentos no sentido de se analisar o sistema para as equações (6) e (7), respectivamente. Os valores para vários parâmetros estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros do sistema.

Parâmetros	Valor	Parâmetros	Valor
R_a	0,1 Ω	k_m	10
J	1 $kg.m^2$	k_{amp}	1
b	0,1 Nms/rad	k_{pot}	1
k_b	0.1	η	15

As entradas foram analisadas de forma separadas respeitando o princípio da superposição. Assim, para investigar o comportamento do sistema a uma entrada de referência, faz-se $T_D = 0$ e é considerada apenas o sinal para V_a . Assim, a entrada desejada de tensão equivalente a um ângulo desejado de $\frac{\pi}{3}$ é aplicado durante 1,5 segundos. A Figura 4 mostra a resposta obtida.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

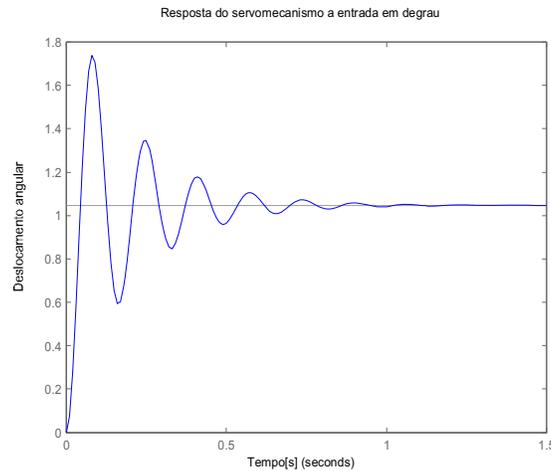


Figura 4 – Resposta em malha fechada a partir de entrada de referência.

É mostrado na Figura 4 que o servomecanismo descreveu uma resposta subamortecida com *overshoot* de 70% e com tempo de estabilização de 0,6 segundos, aproximadamente. Ainda neste experimento, é possível analisar que o erro de estado estacionário é zero, o que significa que o servo converge para o ângulo desejado, ao custo de um transitório oscilante. Inversamente, para investigar o comportamento do sistema com os efeitos de perturbações, faz-se $V_a = 0$ e é considerado somente a perturbação T_D .

Nesta etapa são realizados dois experimentos considerando o evento perturbador durante 1 segundo. Os experimentos analisam tanto as respostas em malha aberta quanto em malha fechada, levando em consideração o torque $T_D = 0,2124 Nm$, a uma velocidade constante de $20 m/s$. A indutância, L_a , possui um valor desprezível e não será levado em consideração neste trabalho. O coeficiente aerodinâmico aplicado é de $C_a = 1,1$, a área de efeito é $A = 0,0052 m^2$ e o comprimento da haste de limpeza com o valor de $r = 0,35 m$.

No primeiro o gráfico de resposta, Figura 5, é mostrado que ambas velocidades angulares desenvolvidas possuem valores negativos. Este evento é oriundo da perturbação, uma vez que, se opõe ao sentido de operação. É observado também que em malha aberta a velocidade de resposta é maior e se estabiliza em $-0,315 rad/s$ a partir do instante 0,6 segundo.

Já em malha fechada, a velocidade angular se estabilizou em $-0,0289 rad/s$ a partir do instante 0,6 segundos. Estes valores retratam que em malha fechada, ou seja, analisando o comportamento do servomecanismo, a velocidade angular desenvolvida pela haste sob efeito de perturbação constante é muito pequena, embora ela exista ao longo do tempo.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

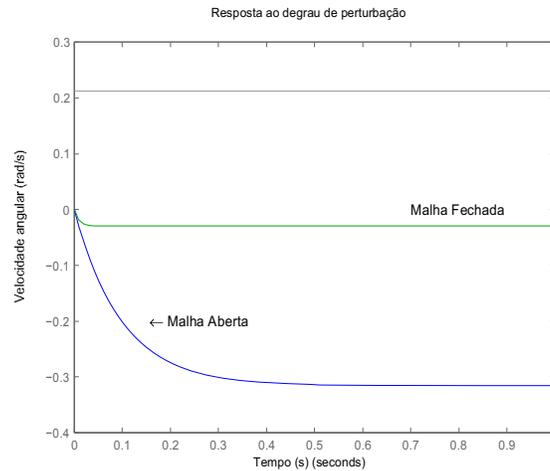


Figura 5 – Resposta de velocidade angular a uma entrada perturbadora.

Na Figura 6 é obtida a resposta da posição angular para a mesma entrada perturbadora da Figura 5. Nesta foi observado que tanto para resposta em malha aberta quanto em malha fechada a haste se deslocou de forma linear no sentido negativo. Nesta figura, ainda, o deslocamento mais expressivo ocorre em malha aberta, já em malha fechada, ocorre de forma mais suave, embora esta cresça ao longo do tempo.

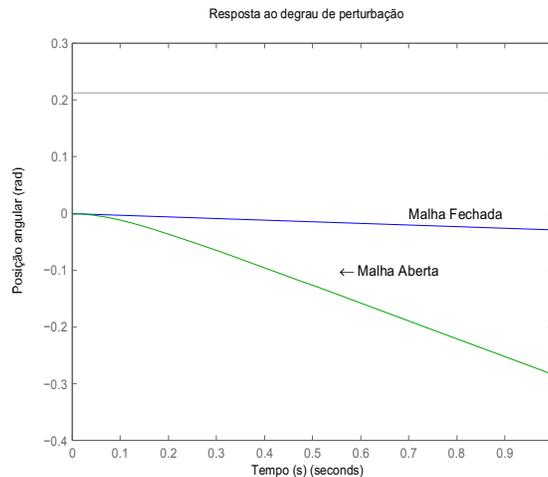
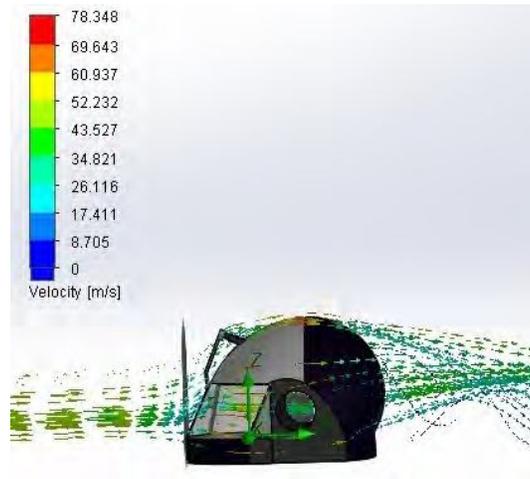


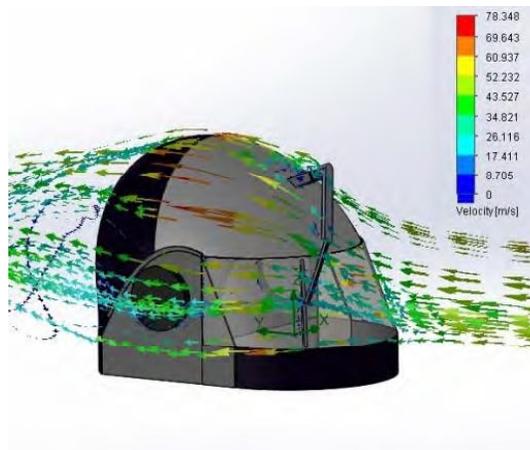
Figura 6 – Resposta de posição angular a uma entrada perturbadora.

As Figuras 7 mostram experimentos realizados via simulação, nas quais um capacete, como medidas reais, é submetido a um tubo de vento laminar com velocidade de 50 m/s. Os vetores de vento ao se chocarem com a estrutura do

capacete perdem velocidade e colidem com a área de efeito com valor de 20 m/s , aproximadamente. As Figuras 7(a) e 7(b) mostram, em vista lateral e isométrica, respectivamente, o capacete. Nota-se que não há ocorrências de vetores de vento turbulentos após colisão com a estrutura.



Vista lateral do capacete.



Vista isométrica do capacete.

Figura 7 – Resposta quando submetido ao tubo de vento laminar.

4. CONCLUSÃO

O presente trabalho desenvolveu, modelou e realizou testes em simulação para um sistema de limpeza de viseira em capacetes com a finalidade de facilitar a dirigibilidade de condutores de motocicletas em dias de chuva. Os resultados obtidos através de experimentos mostram que a abordagem proposta funcionou com

sucesso em situações sem perturbações, o que significa que a haste converge ao valor desejado de posição angular com oscilações amortecidas ao longo do tempo.

No entanto, quando submetido à influência de perturbações aerodinâmicas constantes, conclui-se que o erro de posição angular do sistema eletromecânico aumenta linearmente ao longo do tempo para ambas as malhas. O aumento do erro em malha fechada, mesmo que modesto, indica que o elemento eletromecânico não se adequa aos níveis de perturbações sofridos na haste.

Uma vez que os experimentos realizados se limitam a valores constantes e pequenos de influência do vento sobre a estrutura, propõe-se como trabalho futuro o estudo sobre o impacto aerodinâmico causado na haste em altas velocidades e variantes no tempo com a finalidade de analisar fadigas e tensões no pescoço de pilotos, bem como validação dos resultados em experimentos reais.

5. REFERÊNCIAS

¹POONGODI, P.; DINESHKUMAR, P. Automatic Safety System for Automobiles. **International Journal of Advanced Information Science and Technology (IJAIST)**. 2012. ISSN: 2319:2682. vol.6, No.6.

²VASCONCELOS, E. A.; **Risco no Trânsito, Omissão e Calamidade: Impactos do Incentivo à Motocicleta no Brasil**. 1. ed. São Paulo: Instituto Movimento, 2013.

³MINISTÉRIO DA SAÚDE DO BRASIL. **DATASUS**. 2008. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=060701/>>. Acesso em: 01/06/2015

⁴COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO DE SÃO PAULO. **Fatos e Estatísticas de Acidentes de Trânsito em São Paulo–2011**. 2011. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/media/186829/fat%20e%20est%202011.pdf>>. Acesso em: 01/06/2015

⁵VIAS SEGURAS. **Motociclista: dirigindo na chuva: Pista escorregadia, menor visibilidade, maior distância de frenagem, menor estabilidade....** 2012. Disponível em: <http://www.vias-seguras.com/layout/set/print/educacao/educacao_e_formacao_dos_motociclistas/manual_de_direcao_defensiva_para_motociclista/capitulo_5_pilotando_a_moto_com_seguranca/motociclista_dirigindo_na_chuva/>. Acesso em: 01/06/2015

⁶SEGURO DE TRANSITO DPVAT. Disponível em: <<http://www.dpvatsegurodotransito.com.br/>>. Acesso em: 01 junho 2015.

⁷KOOPMAN, P. Embedded System Security. **IEEE Computer Society**. vol. 37, no. 7, p. 95–97. 2004.

⁸RAMYA, V.; PALANIAPPAN, B.; KARTHICK, K. Embedded Controller for Vehicle In-Front Obstacle Detection and Cabin Safety Alert System. **International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT)**. 2012. vol 4, No 2.

⁹AL-KHEDHER, M. A. Hybrid GPS-GSM Localization of Automobile Tracking System. **International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT)**. 2011. vol 3, No 6.

¹⁰ABINAYA, M.; UTHIRA D. R. Intelligent Vehicle Control Using Wireless Embedded System in Transportation System Based On GSM and GPS Technology. **International Journal of Computer Science and Mobile Computing (IJCSMC)**. 2014. vol. 3, Issue 9, p. 244–258.

¹¹DORF, R. C.; BISHOP, R. H.; **Modern Control Systems**. 12. ed., Prentice Hall. 2010.

¹² CONGRESSO SUDESTE DE CIÊNCIAS DO ESPORTE; 3., Niterói. **Influência do Vento no Desempenho dos Atletas na Prova de 100 Metros Rasos**. [S.l.], 2010. p. 6.

¹³ SADRAEY, M. Drag Classification. In: M., SADRAEY,. **Aircraft Performance Analysis**. Recurso Da Internet: VDM Verlag Dr. Müller, 2009. Cap. Drag Force and Drag Coefficient. Disponível em: <<http://faculty.dwc.edu/sadraey/Chapter%203.%20Drag%20Force%20and%20its%20Coefficient.pdf>>. Acesso em: 02/06/2015

¹⁴DIPRAJ, K. P. Speed Control of D. C. Servo Motor By Fuzzy Controller. **International Journal of Scientific & Technology Research (IJSTR)**. 2012. vol 1, Issue 8.

¹⁵KASSEM, M.; YOUSEF, A. M. Experimental Setup and Robust Servo DC Motor Position Control Based on Gain Schedule Sliding Mode Controller. **Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology**. 2012. 4.(10): 1320-1327.