

MÉTODO DE AVALIAÇÃO DO ESTADO DE FUNCIONAMENTO DOS SERVO MOTORES DE UMA AERONAVE RÁDIO CONTROLADA

Allan David da Costa Silva (1); Luis Felipe Lima Leal (1); Otacílio Pires de Freitas Neto (2); José Gutemberg de Assis Lira (3)

(1) Aluno de graduação. Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Engenharia Elétrica e Informática, Departamento de Engenharia Elétrica, allandavid.dcs@gmail.com, luis.leal@ee.ufcg.edu.br

(2) Aluno de graduação. Universidade da Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, Unidade Acadêmica de Engenharia Mecânica, otacilio.engmecanica@gmail.com

(3) Docente. Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Engenharia Elétrica e Informática, Departamento de Engenharia Elétrica, gutemb@dee.ufcg.edu.br

Resumo: Os modelos aéreos rádio controlados possuem superfícies que realizam o controle direcional da aeronave, as quais estão associadas a servo motores, que realizam a deflexão dessas superfícies, por meio da geração do torque necessário. Para tanto, cada servo motor deve ser dimensionado de forma eficiente, o que torna necessário um sistema telemétrico para o seu monitoramento contínuo. Um servo motor funciona por meio de Modulação por Largura de Pulso (PWM), o que permite realizar o monitoramento de algumas variáveis, como a corrente elétrica de operação, que nesta pesquisa, foi medida por meio de um sistema simples, aplicável a uma aeronave rádio controlada não tripulada. A metodologia aplicada, os resultados obtidos e as considerações acerca desse método, bem como as perspectivas futuras, compõem este trabalho.

Palavras-chave: Aeronave, Arduino, Corrente elétrica, Telemetria, PWM.

1 INTRODUÇÃO

Em um modelo aéreo de asa fixa, as superfícies que permitem o controle direcional da aeronave, as quais estão localizadas nas asas e nos estabilizadores, são denominadas superfícies de controle. Essas superfícies estão presas às partes fixas e são divididas em dois grandes grupos: superfícies primárias e auxiliares, tendo cada uma delas, no mínimo, um servo motor associado e um total de seis, na configuração fundamental da aeronave.

Os servo motores são atuadores, rotativos ou lineares, que garantem o torque e a deflexão necessária das superfícies de controle, assim, devem ser cuidadosamente dimensionados. Por isso, devem estar aliados a um sistema de telemetria eficaz, que permita a obtenção de dados confiáveis, que assegurem a eficiência da aeronave.

Segundo Silveira (2015), o princípio de funcionamento de um servo motor CC (Corrente Contínua) é baseado no conjunto de componentes: motor de corrente contínua, dispositivo de detecção de posição, engrenagens e circuito de controle.

No servo motor do tipo RC (Radio Control), é ajustada uma tensão CC de referência correspondente à saída desejada, a qual é aplicada a um comparador por meio da regulagem de um potenciômetro, que ajusta uma tensão correspondente ao ângulo do eixo do motor.

Na composição de seu sistema (Figura 1), há um amplificador de erro que tem a função de reduzir a diferença de tensão entre suas entradas, comparando a diferença entre a tensão equivalente à posição atual e a tensão que equivale à posição desejada (fornecida pelo conversor PWM/tensão), produzindo um erro na forma de tensão positiva e negativa, que faz o motor girar, até que o erro seja zero.

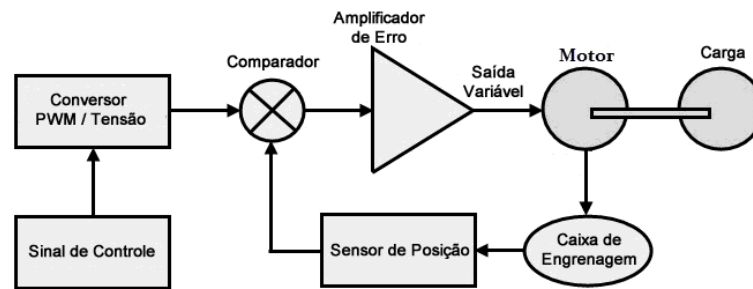


Figura 1 – Diagrama do sistema de um servo motor RC.

Fonte: CITISYSTEMS (2015).

De forma geral, o funcionamento de um servo motor segue o PWM (Pulse Width Modulation), assim, a posição de seu braço é controlada por meio de um sinal com período de 50 Hz e pulsos com largura de 1 até 2 ms, conforme ilustrado na Figura 2.

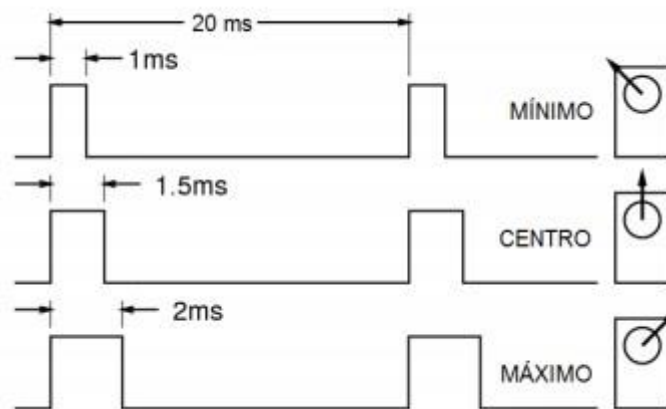


Figura 2 - Sinais de controle de um servo motor.

Fonte: EPUSP (2014).

De forma a monitorar seu funcionamento durante o voo da aeronave, há a necessidade de aliar a aeronave, um sistema de telemetria eficiente, que permita medir parâmetros que não são macroscopicamente visíveis.

A telemetria é uma tecnologia de comunicação automatizada que faz uso de recursos para fazer medições e coleta de dados para transmiti-los a um receptor que fará o processamento das informações e o devido monitoramento (PVINOVA, 2017).

Assim, este trabalho propõe um método de monitoramento aplicável a servo motores, de forma a compor o sistema telemétrico de uma aeronave rádio controlada não tripulada, a fim de verificar os valores operacionais da corrente dos servos, com o objetivo de melhorar a confiabilidade do modelo aéreo, bem como, estimar o consumo de energia elétrica, possibilitando o dimensionamento eficiente das baterias utilizadas.

2 METODOLOGIA

Inicialmente, enumerou-se as possibilidades de cada método de medição, considerando a escassez de recursos e a simplicidade do sistema. Dessa forma, optou-se por monitorar uma única variável, realizando testes pontuais com a variação de parâmetros (cenários), por meio um sistema de telemetria formado, essencialmente, por um receptor, um sensor da corrente e um microcontrolador (Figura 3).

2.1 Corrente

Considerando que a corrente elétrica que circula pelo servo, tem uma relação intrínseca com o torque aplicado na carga, esta foi a variável selecionada para realizar a medição. Além de monitorar o funcionamento dos servos e da bateria, a medição dessa variável ajuda a verificar o estado de funcionamento do servo, e assim, determinar uma possível troca de servo motor, para algum que possa ser mais eficiente para o projeto da aeronave, como a redução do peso e/ou aumento do torque.

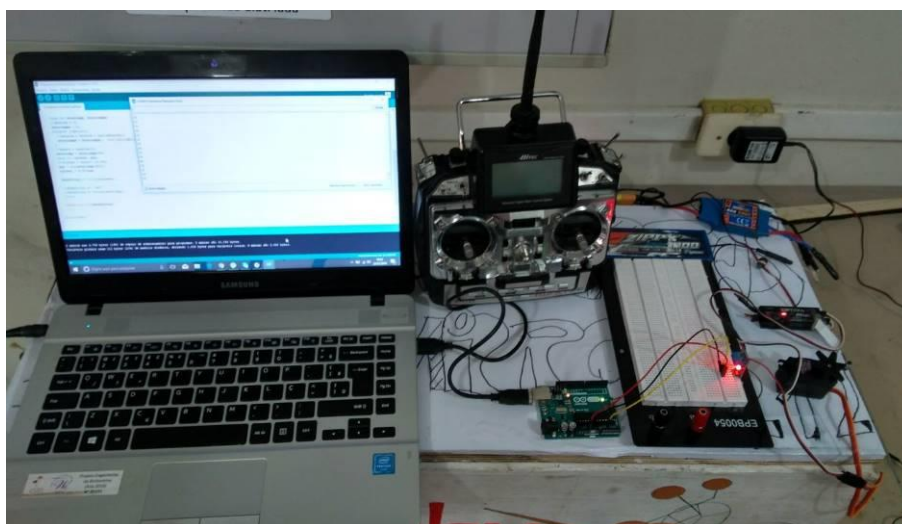


Figura 3 - Sistema de telemetria.

Fonte: Autoria própria.

2.2 Sensor ACS712

O sensor de corrente ACS712, visto na Figura 4, é um dispositivo com funcionamento baseado no Efeito Hall, que consegue medir correntes entre -5 e +5 A. O Efeito Hall detecta o campo magnético gerado pela passagem de corrente, gerando na saída do módulo (pino OUT) uma tensão analógica proporcional a 185 mV/A.

Esse sensor é do tipo invasivo, sendo necessária a interrupção do circuito para realizar a medição de corrente, diferente de alguns tipos de sensores que realizam a medição apenas envolvendo um dos fios do circuito, o que o torna uma opção viável para instalações permanentes, como nos projetos de monitoramento à distância.

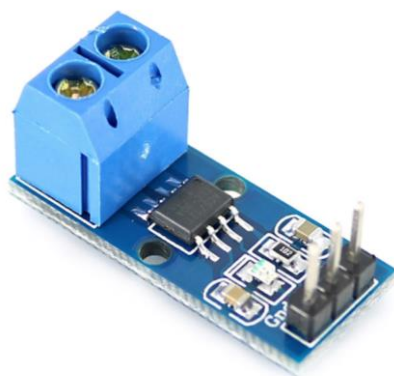


Figura 4 - Sensor ACS712.

Fonte: BAÚ DA ELETRÔNICA.

2.3 Método

Os ensaios foram feitos após definidos os cenários, as massas das cargas e a implementação do algoritmo em linguagem C. Para essa análise, foram definidos dois cenários para a medição da corrente elétrica de operação dos servo motores, variando a posição do braço de alavanca (0, 1 e 2), a massa da carga (leve, média e crítica) e o estado de funcionamento do servo motor (com e sem defeito).

No primeiro cenário, um servo motor com defeito conhecido é submetido a um esforço para sustentar uma carga de 0.5 kg, em seguida 1 kg e por fim, uma carga próxima à máxima suportada pelo servo motor de 1.5 kg, variando-se as três posições do braço de alavanca: 0 (posição horizontal), 1 (máxima deflexão para baixo), 2 (máxima deflexão para cima), com tensão fixa na saída do receptor de 5.2 V; No segundo cenário, de maneira análoga ao primeiro, um servo motor, agora em perfeito estado de operação, é submetido a um esforço para sustentar três cargas: 0.5 kg, 1 kg e 4 kg, variando-se a posição do braço de alavanca do servo.

As medições ocorreram da seguinte forma: inicialmente, o servo motor ES3154, com defeito causado por desgaste, foi submetido ao primeiro cenário, e o servo MG996R, em perfeito estado, foi submetido ao segundo. Em seguida, os dados obtidos por meio da interface do Arduino foram enviados para o software Matlab®, a fim de realizar o tratamento matemático dos dados e obter gráficos para a análise dos resultados, como mostra a Figura 5.

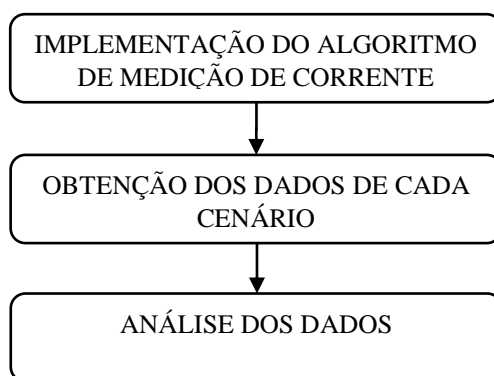


Figura 4 - Diagrama de blocos da metodologia.

Fonte: Autoria própria.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante os ensaios, observou-se que não foi possível variar a posição do braço de alavanca do servo motor ES3154 junto à carga a qual foi submetido, quando essa tinha uma massa superior a 1 kg, o que é possível constatar no gráfico da Figura 5.

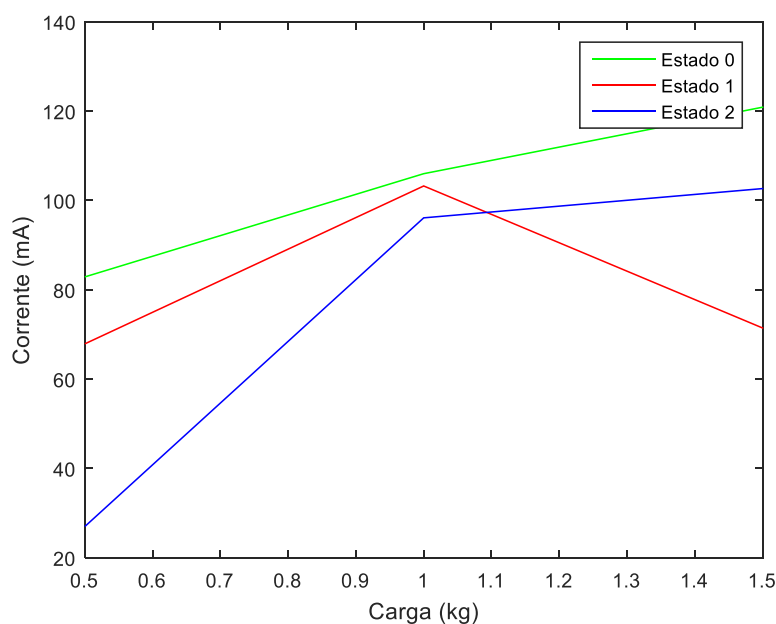


Figura 5 - Gráfico da corrente média x carga do servo motor ES3154.

Fonte: Autoria própria.

Nos ensaios realizados com o servo motor MG996R, verificou-se que as cargas muito abaixo de sua capacidade máxima, não resultaram em aumento de considerável de corrente elétrica, devido à baixa sensibilidade do sensor para pequenas correntes, no entanto, é possível observar a formação de uma reta crescente no gráfico gerado pela corrente elétrica média em função da carga (Figura 6).

O defeito do servo ES3154 ficou mais evidente quando foi feita uma comparação da corrente elétrica durante uma faixa de tempo definida para os dois servo motores analisados, como mostra a Figura 7, pois, as medições feitas com o servo MG996R, proporcionaram um gráfico com períodos bem definidos, já o servo com defeito gerou um gráfico irregular.

O monitoramento da corrente dos dois servos, mostrou que o torque maior gerado, para os dois cenários, ocorreu quando os braços de alavanca dos servos estavam no estado 0, ou seja, a 0° em relação ao solo e, a 90° em relação ao eixo do próprio servo motor, conforme a seguinte equação:

$$T = r * F * \sin(\theta),$$

Em que, T é o toque, r é o tamanho do braço de alavanca do servo e F é força obtida a partir da massa da carga.

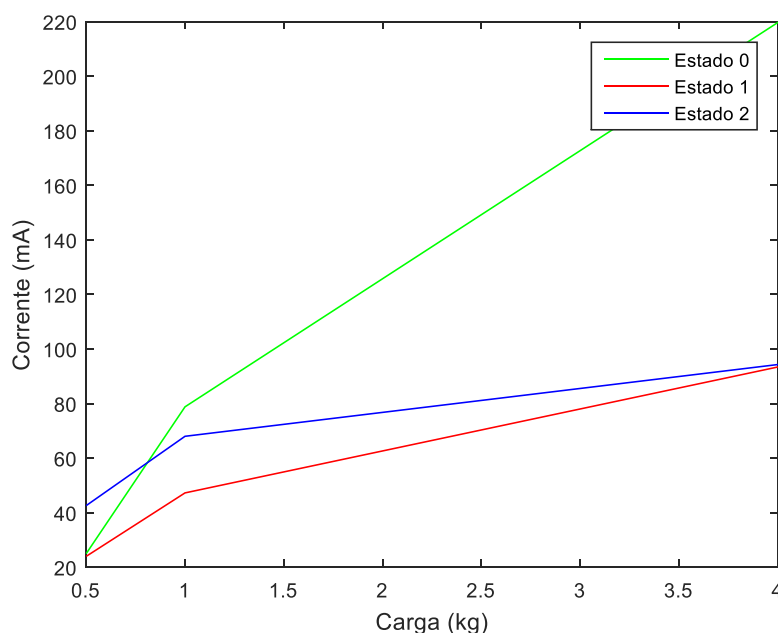


Figura 6 - Gráfico da corrente média x carga do servo motor MG996R.

Fonte: Autoria própria.

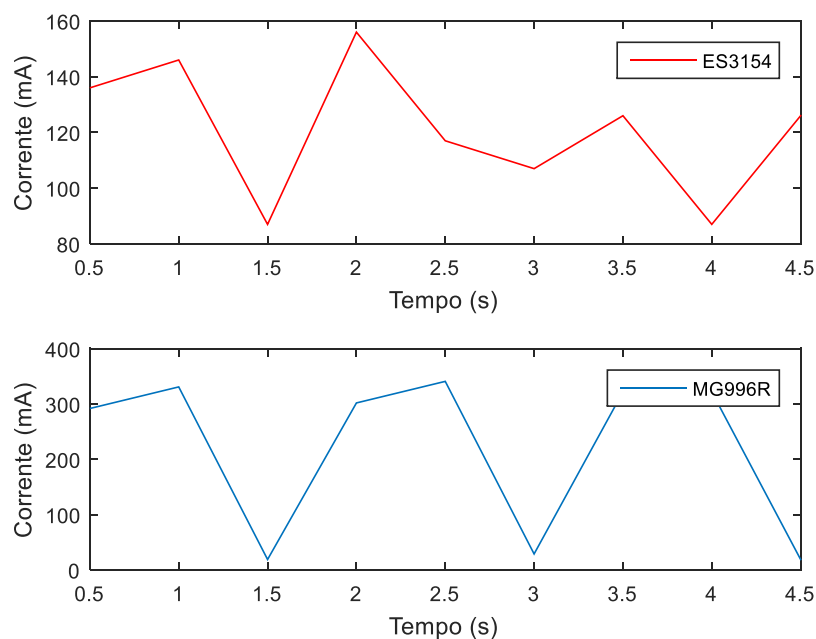


Figura 7 - Gráfico da corrente x tempo dos servos motores MG996R e ES3154 com carga máxima no estado 0.

Fonte: Autoria própria.

Uma análise da variação da corrente no tempo com a mudança contínua do estado do servo em bom estado de operação foi realizada, a fim de gerar um gráfico que descrevesse de forma mais evidente o funcionamento de um servo motor, o qual pode ser visto na Figura 8.

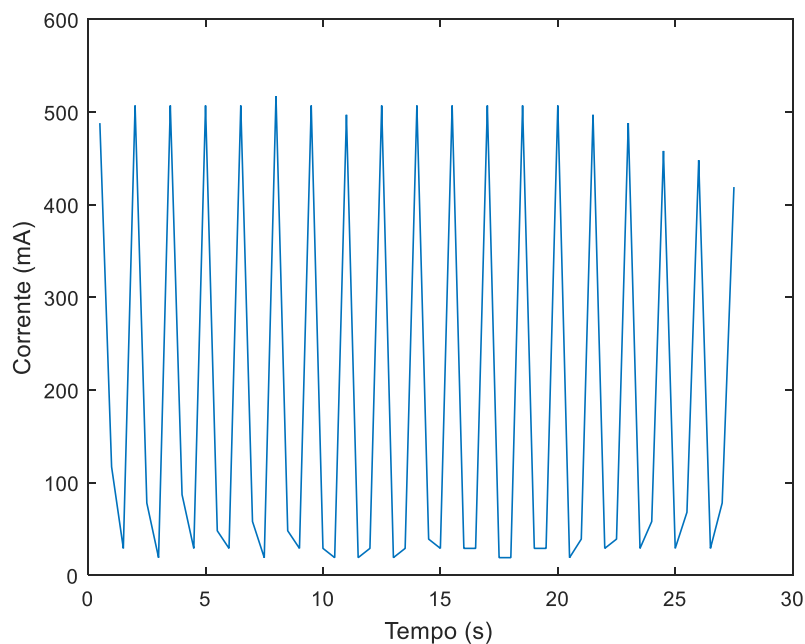


Figura 8 - Gráfico da corrente x tempo do servo motor MG996R com carga fixa 5.5 kg.

Fonte: Autoria própria.

4 CONCLUSÕES

Os cenários definidos permitiram uma comparação entre a corrente elétrica de um servo motor com defeito e de um servo motor em perfeito estado de funcionamento, o que possibilita a identificação, por meio dos gráficos gerados, de um defeito ou de uma falha, assim como, o monitoramento da corrente de operação do servo.

Os resultados da análise dos gráficos estão de acordo com os valores esperados, o que confirma a relação de proporcionalidade entre a corrente elétrica e o torque gerado por um servo motor, logo os resultados são precursores para a validação desse método como ferramenta para medir os esforços em superfícies de controle de uma aeronave radio controlada.

Além disso, uma análise considerando outros parâmetros, bem como, a diminuição do intervalo entre a massa das cargas dos dois cenários, a utilização de um sensor com maior sensibilidade a pequenas correntes e, o aumento do número ensaios, pode trazer informações com mais detalhes sobre o estado de operação dos servos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à equipe Parahybas pelo suporte e à Universidade Federal de Campina Grande, pela estrutura disponibilizada.

REFERÊNCIAS

Aeromodelismo é **Assim**. Disponível em: <<http://www.aeromodelismoeassim.com/2014/04/funcionamento-da-linkagem.html>>. Acesso em: 22 jan. 2018.

ALLEGRO MicroSytens. Dataset: **Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor**, 2017.

Citisystems. Disponível em: < <https://www.citisystems.com.br/servo-motor/>>. Acesso em: 20 mai. 2018.

CONTROLE de um Servo Motor. **Escola Politécnica da USP**: Laboratório Digital, São Paulo, p.1-5, 2014. Semestral.

ELECTRONICS HUB. Disponível em: <<https://www.electronicshub.org/servo-motors/>>. Acesso em: 20 mai. 2018.

GOMES, Pedro Henrique de Oliveira. **Concepção de Sistema de Telemetria para Aeronaves Remotamente Controladas**. 2016. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Controle e Automação, Colegiado do Curso de Engenharia de Controle e Automação, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016.

RODRIGUES, Luiz Eduardo Miranda. **Introdução ao Projeto de Aeronaves**: São Paulo: Taperá, [20--?]. 23 slides, color. Disponível em: <<http://www.engbrasil.eng.br/ipa/aula5.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2018.

what-when-how. Disponível em: < <http://what-when-how.com/motors-and-drives/servomotors-general-principles-of-operation-introduction-motors-and-drives/>>. Acesso em: 20 mai. 2018.

ZUCATELLI, Fernando Henrique Gomes; OLIVEIRA, Marco Aurélio Vinchi de. **CONTROLE DE SERVOMOTORES CC.** 2007. 7,8,9,10,11 p. Artigo científico (Tecnólogo em Mecatrônica Industrial) - Faculdade de Tecnologia Termomecânica, SÃO BERNARDO DO CAMPO, 2007.