

AUMENTO DA AUTONOMIA DE VOO EM VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS SEM O AUMENTO DA CAPACIDADE DA BATERIA.

G. S. Rocha¹; A. R. Duarte¹; P. Boone¹

1- Departamento de Engenharia – ETEP Faculdades
Av. Barão do Rio Branco, 882 – CEP: 12242-800 – São José dos Campos - SP – Brasil
Telefone: (12) 3947-2200 – Email: guilherme.srocha@hotmail.com

RESUMO: Sistemas de propulsão elétrica atualmente são comuns para aeronaves de pequeno porte. O grande limitante para aplicações em aeronaves de grande porte são o tempo de voo e a tração gerada pelos motores. Porém para aeronaves de tamanho reduzido, como aeronaves não tripuladas como aeromodelos rádio controlados e Veículos aéreos Não Tripulados (VANTs), o uso da propulsão elétrica é totalmente viável. Mesmo para estas aeronaves o tempo de voo ou autonomia ainda é um requisito a ser melhorado. O baixo tempo de voo é um limitante para certas aplicações industriais e militares. O alcance e a carga de voo ficam limitados pela capacidade da bateria em fornecer energia suficiente para o sistema. Com isso, realizando um controle da potência do motor para manter a tração constante no mínimo valor necessário é possível um ganho de até 80% na autonomia de voo.

PALAVRAS-CHAVE: UAV. MAV. Propulsão Elétrica. Bateria. Voo Autônomo.

ABSTRACT: Nowadays electric propulsion systems are common for small aircraft. The limitation for applications in large aircraft are the flight time and the thrust generated by the motor. However, for small aircraft such as unmanned aircraft and radio controlled models, the use of electric propulsion is entirely feasible. Although the flight time or range requirement is still to be improved. The low flight time is a limiting factor for certain industrial and military applications. The scope and flight load are limited by the battery's ability to supply enough power to the system. Thus, performing a power control to maintain constant tension in the minimum amount required can gain up to 80% on flight autonomy.

KEYWORDS: UAV. MAV. Electric Propulsion. Battery. Flight Autonomy.

1. INTRODUÇÃO.

A propulsão elétrica hoje é amplamente utilizada em aeronaves de pequeno porte. Mas mesmo com a popularização deste tipo de aeronave, o tempo de voo ainda é um entrave para certas aplicações. Neste trabalho queremos mostrar que, com a redução da velocidade de cruzeiro para uma velocidade mínima pouco acima da velocidade de estol, controlando a tração fornecida é possível reduzir o consumo da bateria aumentando o tempo de voo em até 80%.

A propulsão elétrica há muito tempo é um dos almejados substitutos aos combustíveis fósseis utilizados na aviação. Voos civis e militares que fazem uso de propulsão elétrica vêm sendo testados desde os anos de 1970, porém o baixo tempo de voo e alto peso dos motores e baterias inviabilizavam o voo em alta velocidade e com muitos passageiros (AUSTIN, 2011). Com os avanços tecnológicos dos motores elétricos tipo “brushless” e com a evolução das baterias de lítio polímero ocorridos nas últimas décadas, puxado principalmente pela indústria automobilística, está se tornando

cada vez mais viável o uso da propulsão elétrica na aviação comercial e militar.

Entretanto, em aeronaves não tripuladas (aqui utilizaremos o termo VANT – Veículo Aéreo Não Tripulado) e em aeromodelos, onde o baixo peso e a baixa velocidade são características comuns, a propulsão elétrica se tornou padrão, viabilizando o desenvolvimento dos mais diversos tipos de novas aeronaves. O MAV, sigla para “Micro Air Vehicle”, é um tipo de VANT que se caracteriza pelo seu pequeno tamanho e facilidade de fabricação foi uma destas aeronaves que foram desenvolvidas com a evolução dos componentes elétricos.

Mesmo com este ambiente favorável à substituição dos combustíveis fósseis pela eletricidade, o tempo de voo ou “endurance” continua sendo uma barreira para algumas aplicações, como vigilância e monitoramento, principalmente os MAVs, devido ao seu reduzido tamanho, consequentemente baixo “payload”, o que inviabiliza a seleção de uma bateria com mais carga, porém mais pesada.

Os MAVs atuais possuem um “endurance” que variam entre 30 a 50 minutos, dependendo do “payload” e consequentemente da carga alar, o que para fins recreativos é até razoável, mas para aplicações como monitoramento e vigilância urbana pode ser considerado um tempo muito baixo (AUSTIN, 2011). Com isso a tendência é que aeronaves empregadas neste tipo de função passem a ser maiores, com envergadura acima de 150 mm para que consigam levar baterias maiores ou em mais quantidade delas, realizando voos acima de 2 horas. Uma das características deste tipo de voo é sua constância, ou seja, em sua maior parte do tempo o voo ocorre em velocidade de cruzeiro, o que favorece a duração da bateria.

Monitoramento e vigilância urbana constitui um dos grandes desafios para o desenvolvimento de VANTs atualmente. Para que se possa chegar a um nível razoável de voo considerado seguro o aparelho deve ser capaz de resistir a rajadas de ventos, além de manter a comunicação mesmo entre prédios e

construções. Hoje, com o advento de sensores eletrônicos mais precisos, sistemas de controle e comunicação mais modernos, assim como materiais mais leves e resistentes, estes problemas podem ser contornados, sendo o tempo de voo um dos grandes limitantes para satisfazer as necessidades desta aplicação.

2 MAV E ELETRÔNICA EMBARCADA

Um sistema de propulsão de uma aeronave elétrica, como mostra a Figura 1, é formado pela hélice 9x5, motor elétrico 2822, ESC 18 A (Controle Eletrônico de Velocidade) e uma bateria de 1300 mAh e 3 células.



Figura 1 – Sistema de Propulsão.

Utilizamos também um sistema de controle autônomo para o MAV. O Ardupilot Mega 2.6 ou APM 2.6, mostrado na Figura 2, é um controlador de piloto automático de código aberto que permite ao usuário tornar qualquer veículo controlado em um veículo totalmente autônomo.

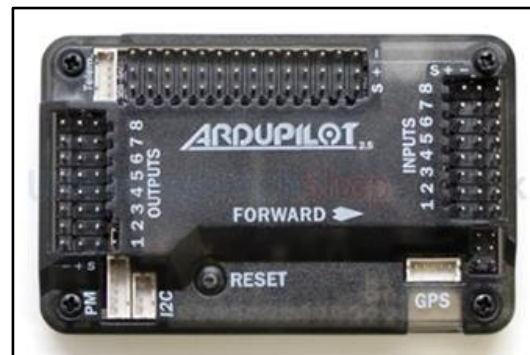


Figura 2: Ardupilot 2.6.

O APM 2.6 é um sistema fácil de usar, que projetado para trabalhar em veículos aéreos com asa fixa e rotativa, bem como os veículos terrestres. Toda a parte de gerenciamento do piloto automático será realizada através de um laptop em uma estação terrestre, com software dedicado chamado Mission Planner, que permite que o operador controle a aeronave, faça upload de planos de voo, e navegação de dados, como visto na Figura 3.

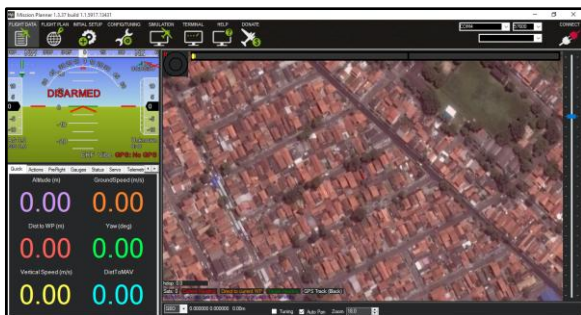


Figura 3: Mission PLanner.

O conjunto formado pelo sistema de propulsão elétrica, rádio controle, sistema de controle automático APM 2.6, e o sistema de estação de controle Mission Planner, formam uma complexa estrutura que dá a possibilidade de se realizar um voo autônomo com o MAV.

Todo o sistema que controla a aeronave está diretamente ligado ao APM 2.6, como pode ser visto na Figura 4. Este sistema em conjunto com o sistema de propulsão elétrica forma o que é chamado e sistema eletrônico embarcado.

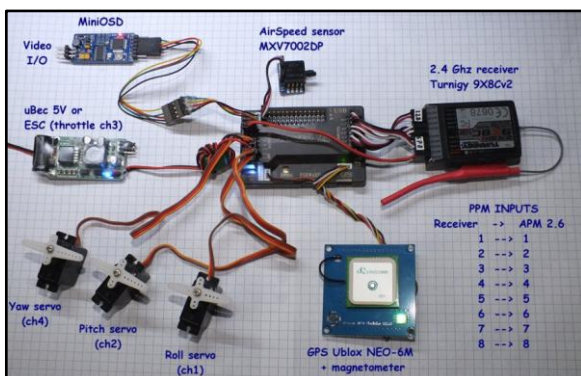


Figura 4: Sistema embarcado.

Com este sistema embarcado em conjunto com um sistema de telemetria diretamente conectado ao Mission Planner permite que o operador transforme qualquer computador em uma estação terrestre. Altitude em tempo real da aeronave, velocidade aerodinâmica, localização, modo de voo e até mesmo a vida restante da bateria podem ser monitorados enquanto o avião está no ar. A ligação de telemetria permitiria ajuste de ganho a ser feito em voo.

O firmware usará um par de malhas de controle em cascata PID, Proporcional Integral Derivativo, a fim de controlar a aeronave em modos de voo totalmente autônomas. O loop externo é controlado usando pontos de GPS para calcular a altitude desejada da aeronave e velocidade do ar e em seguida, os controladores de laço interno convertem os erros de altitude e velocidade do ar em desvios reais de superfície de controle e configurações do acelerador.

No modo de voo "fly-by-wire", o sistema de controle por cabo das superfícies móveis de um avião pelo APM permite que qualquer modificação da direção e do sentido de uma aeronave feita pelo piloto seja "filtrada" e repassada para as superfícies móveis: aileron, profundor, leme aumentando assim a velocidade de reação e de manobra de uma aeronave ou impedindo que o piloto ultrapasse os limites da célula, somente os controladores de malha PID internos são usados. A Figura 5 ilustra as superfícies de comando.

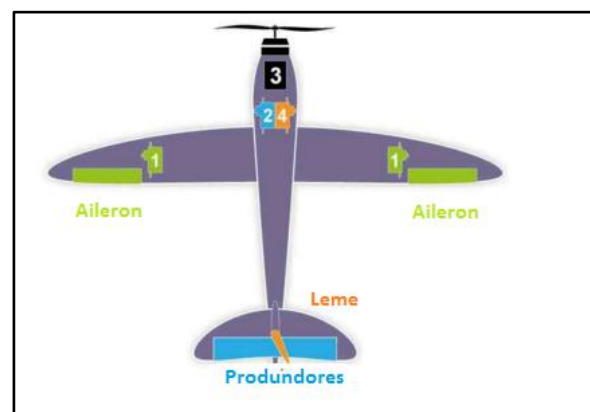


Figura 5: Superfícies de comando.

3 ENSAIO DE TRAÇÃO E TEMPO DE BATERIA

O valor de tração necessários para realizar a missão de voo de um MAV depende diretamente do arrasto gerado. Em uma aeronave tradicional deve haver um certo equilíbrio das 4 forças básicas presentes (Figura 6): peso, sustentação, arrasto e tração.

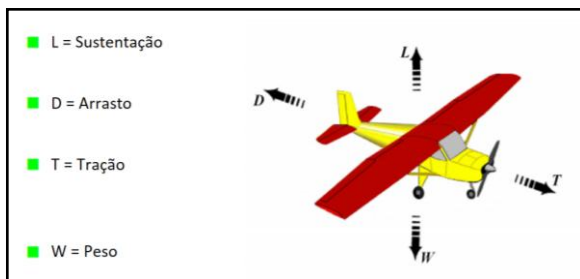


Figura 6: Forças atuantes em uma aeronave.

Para o teste de tração foi levada em consideração uma aeronave em isopor, modelo de treinamento, como mostra a Figura 7. Esta aeronave, com todos os equipamentos embarcados, pesa 730 g.

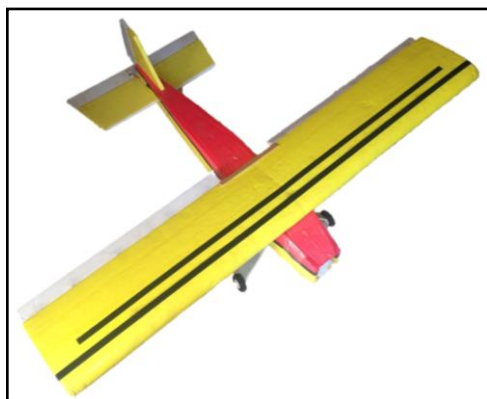


Figura 7: Aeronave de teste.

Sabemos que para a realização do voo de forma eficiente, a tração disponível deve ser maior que o arrasto gerado, pois do contrário a aeronave não se moveria na horizontal. Para determinar o valor do arrasto total da aeronave de teste, utilizamos o método analítico segundo a metodologia apresentada por

Rodrigues (2012) na equação 1 e pelo método computacional através do software xflr5, como visto na Figura 8.

$$D = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot S \cdot C_D \quad (1)$$

ρ – densidade do ar;
 v – velocidade de voo;
 S – área da asa;
 C_D – coeficiente de arrasto.



Figura 8: Análise Computacional.

Através destes dois métodos chegamos ao valor de arrasto total de $D = 11$ N. o valor de arrasto total é relativamente baixo quando comparado com a tração disponível no sistema propulsor. Assim um limitante para o voo é a carga da bateria. A bateria utilizada para nos testes é uma bateria de 1300 mAh, 3 células, com tensão inicial de 11,1 Volts e final a 8 Volts.

Quando a bateria chega a 8 Volts a tração mínima que o sistema gera é de 2,94 N. Abaixo desse valor de tensão a tração gerada cai significativamente impossibilitando o voo. Assim a o valor de tração mínima é de:

$$T_{min} = 2,94 \text{ N.}$$

O tempo de voo com um sistema de propulsão elétrico está ligado diretamente ao percentual da potência fornecida ao sistema e à taxa de descarga de corrente solicitada pela bateria. Presumindo que a aeronave inicie seu voo com a bateria totalmente carregada, ou seja, 11,1 Volts e termine o voo quando a carga atinja 8 Volts, o percentual de potência no controle de tração uma das variáveis a serem analisadas.

Para medir a tração efetiva gerada pelo sistema de propulsão foram elaborados dois testes. O primeiro com o controle de potência a 75% do total, e o segundo teste com o valor de tração constante a 2,94 N, que é o valor de tração mínima.

Para o teste de tração utilizamos uma balança digital de 50 kg de carga máxima e 10 g de precisão, montada sobre uma estrutura fixa de madeira. A aeronave foi preparada com todo o sistema de propulsão e a eletrônica embarcada necessária para o voo, como mostra a Figura 9. Neste caso o valor do atrito entre os pneus no trem de pouso e a mesa foi desconsiderado.



Figura 9: Teste de tração.

4 RESULTADO E DISCUSSÕES

No primeiro teste a tração medida foi de 4,5 N, e foi decaindo com o tempo à medida que a tensão da bateria ia baixando. O teste foi encerrado quando a bateria atingiu 8 Volts, após 10 minutos de teste. A tração mínima foi atingida após 9 minutos de teste.

No segundo ensaio a tração foi mantida constante no valor de tração mínima. Neste teste o tempo de duração da bateria saltou de 9 para 16 minutos, um aumento de 77,8%. A tração fornecida em função do tempo pode ser vista no Gráfico 1.

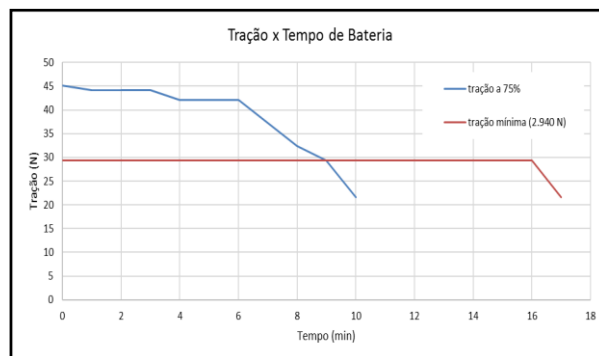


Gráfico 1: Teste de tração vs tempo de bateria.

5 CONCLUSÕES

O teste de tração foi realizado para simular duas condições típicas de voo: potência constante e tração constante. Foi investigado o efeito do controle de potência, e consequentemente da velocidade de voo, na autonomia.

No primeiro teste, com tração constante a 75% do total, a bateria descarregou após 9 minutos de teste. Já no segundo teste realizado, com tração mantida constante a 2,94 N, a autonomia da bateria saltou para 16 minutos.

O aumento de 77,78% na autonomia é significativo, quando levamos em conta que a capacidade da bateria e a quantidade de baterias na aeronave não foram alteradas. Estes dois últimos artifícios são comumente utilizados quando se quer aumentar o tempo de voo, o que diretamente afeta o peso de voo da aeronave, ocasionando uma perda de eficiência.

6. REFERÊNCIAS

ARDUPILOT. *Ardupilot Mega 2.6*. Disponível em: 20 mar 2016. <<http://www.ardupilot.co.uk/what-do-i-need.html>> Acesso em: 20 mar. 2016.

AUSTIN, Reg. *Unmanned Aircraft Systems: UAVS Design, Development and Deployment*. 1. ed. Chippenham: Wiley, 2011.

NALDIN, Jean Louis. *X-DRONE*. Disponível em 23 marc. 2015: <<https://github.com/jlnaudin/x->



drone/blob/master/README.md>. Acesso em: 23 mar. 2015.

MISSION PLANNER. *Ground Station Application*. Disponível em: 23 mar. 2016 <<http://ardupilot.org/planner/>>. Acesso em: 23 mar. 2016.

RODRIGUES, Luiz Eduardo Miranda José. *Fundamentos da Engenharia Aeronáutica*. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013.