

Simulação de voo vertical de um quadricoptero usando *software* livre

Raif C. Gomes¹, Francisco José A. de Aquino²

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, IFCE.

E-mail¹: raif.carneiro@gmail.com; E-mail²: fcoalves_aq@ifce.edu.br

Departamento de Telemática

Av. Treze de Maio, Nr. 2081, Campus Fortaleza

Fortaleza/CE, Brasil, 60040-531

Resumo – este trabalho tem como objetivo, apresentar uma simulação computacional de um voo vertical autônomo de um quadricoptero, VANT (Veículo Aéreo Não Tripulável) caracterizado por uma estrutura cruzada e a presença de quatro motores para gerar o seu movimento. Assim, para a implementação da simulação, foi feito um levantamento bibliográfico, o qual subsidiou, teoricamente, a pesquisa e experimentos concernentes aos modelos matemáticos e ao comportamento de um corpo rígido livre no espaço. Posteriormente, esses foram aplicados no software de modelagem matemática livre, Scilab, versão 5.4.0. Portanto, a partir das simulações realizadas, foram coletados dados que auxiliarão na construção de uma estrutura física e no desenvolvimento de um sistema de controle real para um quadricoptero autônomo. Logo, possibilitando, futuramente, a construção de um VANT com maior estabilidade, baixo custo e menor probabilidade de falhas.

funcionalidades. Nesse contexto, este trabalho apresenta a simulação do voo vertical autônomo de um quadricoptero, usando o software de modelagem Scilab versão 5.4.0, o qual fomenta a construção de um quadricoptero com maiores níveis de eficiência e controle. Na figura 1, é exposto um protótipo de um *drone* usado como base para a implementação da simulação desenvolvida.

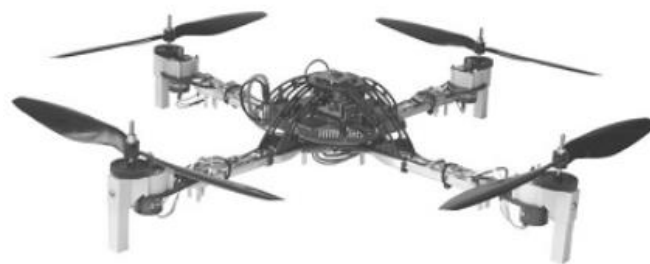


Figura 1 -Protótipo de um quadricoptero [2]

I. INTRODUÇÃO

É notável o crescimento do uso de *drones* ou VANT's, principalmente, no reconhecimento de áreas que possam ou não apresentarem risco à vida humana, na vigilância de barragens, plantações e regiões de fronteiras. Isso se dá, de acordo com [1], graças a maior eficiência e baixo custo que os quadricopteros possuem em relação as soluções empregadas no passado, como por exemplo: veículos aéreos tripulados.

Segundo [2], os VANT's podem ser classificados em dois grupos: os *drones* de asas rotativas e de asas fixas. Dentre esses, o que mais vem sendo utilizado, hodiernamente, é o VANT com asas rotativas, chamado quadricoptero ou *quadrotor*, caracterizado por possuir quatro motores. Sendo tipicamente pequenos e de estrutura cruzada simples, os quadricopteros desempenham funções que antes somente veículos aéreos tripulados poderiam realizar. Atualmente, podem ser controlados autonomamente ou por controle remoto, tendo em vista que, conforme [3] são mais fáceis de serem controlados em relação aos outros *drones*, por isso são mais usados em aplicações que necessitam de uma alta estabilidade de voo.

Assim, com a grande disponibilidade de VANT's no mercado para o público em geral, a preços razoáveis, os quadricopteros têm sido popularizados para diversas

II. ÂNGULOS DE EULER

Para desenvolver a simulação proposta, foi feito um levantamento bibliográfico, o qual subsidiou na escolha de formulações e modelos matemáticos empregados nesta pesquisa. Essa escolha deu-se a partir das proposições de [4] que contribuíram para melhor exposição, definição dos teoremas adotados. Ademais, outras referências imprescindíveis para o desenvolvimento deste trabalho foram: [3] e [2], pois viabilizaram uma abordagem concisa e aplicada das equações que regem as interações de um corpo rígido livre no espaço.

Nessa perspectiva, notou-se a necessidade de utilizar-se o Teorema de Euler, o qual segundo [4], consiste na explicação de que sucessivas rotações de um corpo rígido podem ser representadas por uma única rotação e dos ângulos de Euler, os quais são usados para especificar a orientação de um corpo girante em relação ao sistema inercial de referencial fixo na terra, expostos pela Figura 2.

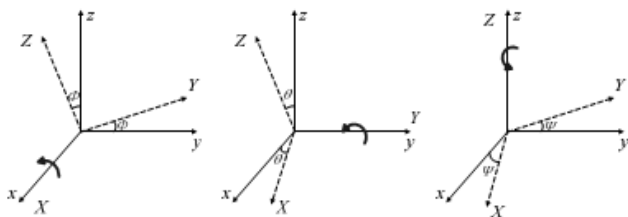


Figura 2 –Diagrama de Euler [7]

Nesses termos, de acordo com [5], a integração dos conceitos matemáticos discutidos, anteriormente, permite suprir as necessidades no que se diz respeito a análise dos movimentos do *drone* simulado, podendo ser representada por uma matriz rotacional, a qual foi implementada no software Scilab, obtendo o trecho de código retratada na Figura 3.

```
C3 = [cos(ksi) sin(ksi) 0 ; -sin(ksi) cos(ksi) 0 ; 0 0 1];
C2 = [cos(theta) 0 -sin(theta) ; 0 1 0 ; sin(theta) 0 cos(theta) ];
C1 = [1 0 0 ; 0 cos(phi) sin(phi) ; 0 -sin(phi) cos(phi)];
s1 = C1*C2*C3 ;
```

Figura 3 –Trecho de código implementado através das premissas expostas

III. EQUAÇÕES DE MOVIMENTO

Posteriormente, foram feitos os cálculos das forças atuantes na estrutura do quadricoptero, a partir das equações da força e a do momento angular, conforme indicado por [4]. Essas podem ser observadas, respectivamente, por (1) e (2).

$$dP/dt = F \quad (1)$$

Onde:

dP - Derivada do momento linear

dt - Derivada do tempo

F - Força

$$dL/dt = N \quad (2)$$

Onde:

dL - Derivada do momento angular

dt - Derivada do tempo

N - Torque

Diante disso, as expressões expostas foram decompostas para que os parâmetros necessários para o estudo do movimento do quadricoptero fossem obtidos. Portanto, encontrou-se (3) e (4), as quais estão em conformidades com os resultados encontrados por [5], que segue a mesma linha de raciocínio apresentada neste artigo, decompondo as variáveis a partir da segunda lei de Newton:

$$F = m*dV + m*(We x V) \quad (3)$$

Onde:

F - Força

m - Massa

dV - Derivada da velocidade linear

We - Velocidade angular

V - Velocidade linear

$$N = In*dWe + (We x (In*We)) \quad (4)$$

Onde:

In - Matriz identidade

dWe - Derivada da velocidade linear

We - Velocidade angular

Tais expressões matemáticas contribuíram para o cálculo da velocidade e aceleração linear e angular. Dessa forma, viabilizando o controle do espaço percorrido pelo *drone* e as rotações realizadas por ele. Consequentemente, as equações foram implementadas no Scilab, versão 5.4.0.

IV. SOFTWARE SCILAB

O Scilab trata-se de uma plataforma computacional numérica livre, a qual faz uso de uma linguagem de programação de alto nível e numericamente orientada. Por ser uma ferramenta livre, tal *software* possui uma ampla utilização no meio científico, tendo sido criado em 1990 pela Instituição de Pesquisa Nacional da França [6].

Além de possuir centenas de funções matemáticas, o Scilab permite a visualização de dados gerados durante a execução da simulação a partir de gráficos 2D/3D e é compatível com as plataformas Linux, Mac OS e Windows. Por isso, dado os recursos citados, o Scilab foi o *software* escolhido para que as simulações do modelo criado fossem concretizados de forma eficiente e confiável.

V. CONTROLE DE ACELERAÇÃO DOS MOTORES

Inicialmente, foram feitas 50 simulações, nas quais se observou que a altura máxima especificada de 0.2 metros para o quadricoptero se estabilizar não era respeitada. Tal problema ocorria, já que a aceleração e a velocidade do quadricoptero aumentavam rapidamente, mas no momento de desaceleração, o *drone* possuía uma alta taxa de energia inercial, impedindo o decaimento da forças de elevação vertical do VANT em tempo hábil. A problemática citada pode ser observada na Figura 4, a qual expõe a não estabilização do quadricoptero na altura determinada.

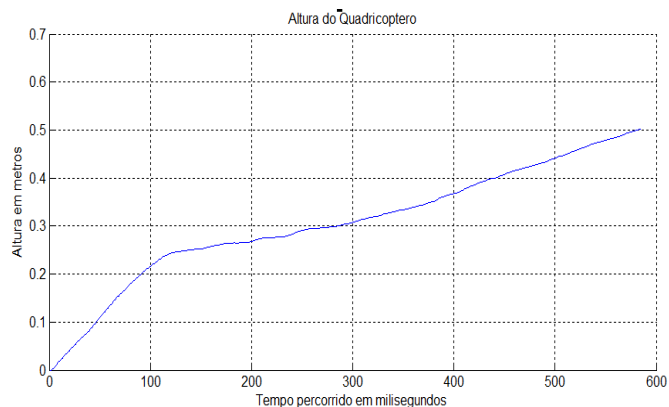


Figura 4 –O gráfico mostra a desestabilização da altura obtida pelo quadricoptero

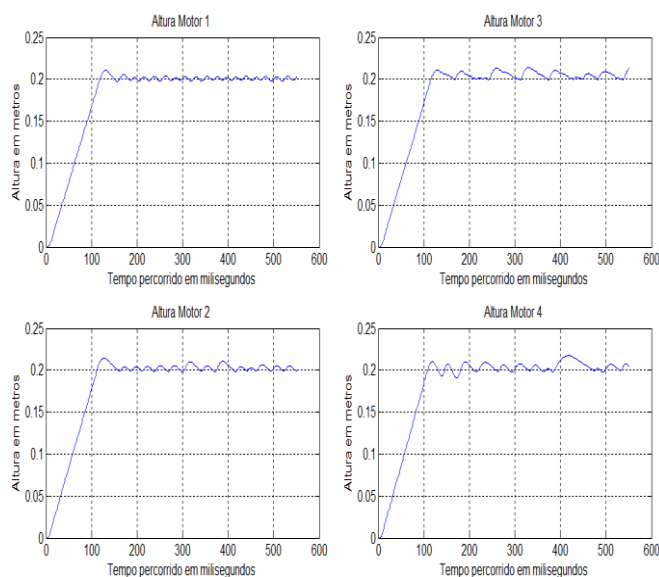


Figura 8 -Espaço percorrido por cada motor do *drone* com algoritmos de controle

VII. CONCLUSÃO

Portanto, diante das aplicações dos algoritmos de controle desenvolvidos e testados no *software* Scilab, percebeu-se que a técnica mais eficiente para melhorar a estabilidade do quadricóptero, dá-se por meio da aplicação de níveis diferenciados de voltagens nos rotores, os quais tendem a responder de formas distintas. Isto é, com as injeções de diferenças de potenciais variadas nos motores, esses tendem a funcionar com maior equidade, fato que confere maior estabilidade de voo ao quadricóptero. Logo abaixo, segue a Tabela I, que faz uma comparação entre as metodologias e resultados encontrados neste artigo, juntamente, com [7] e [5].

TABELA I – COMPARAÇÃO DE METODOLOGIAS E RESULTADOS

Autor	Metodologia	Resultado
Gomes e Aquino.	Estabilização do <i>drone</i> usando limites máximos e mínimos de aceleração e velocidade.	Controle de estabilização abrupto, ocorrendo pequenas oscilações durante voo simulado.
Li e Li (2011).	Uso de PID (<i>Proportional-Integral-Derivative</i>) para o controle de estabilização do quadricóptero.	Controle de estabilização suave, apresentando pequenas oscilações durante voo simulado.
Jirinec (2011).	Uso do PID em conjunto com a linearização das equações de movimento para estabilização do <i>drone</i> .	Sistema de controle de estabilização ótimo, ocorrendo ínfimas oscilações durante voo simulado.

Com a observação da Tabela I, fica claro que os resultados obtidos neste trabalho estão análogos com os trabalhos de [7] e [5]. Diante do exposto, conclui-se que foi possível simular e controlar, computacionalmente, um quadricóptero de forma estável, eficiente e confiável.

Ademais, convém destacar que com o uso do Scilab, *software* livre, todas as equações e técnicas de estabilização foram implementadas gratuitamente, o que possibilita o desenvolvimento de modelos e simulações desses por um público abrangente sem restrições. Logo, sendo uma importante ferramenta para a construção e estabilização de quadricópteros autônomos para diversos fins.

REFERÊNCIAS

- [1] Stochero, Tahiane. “Polêmicos e revolucionários, mais de 200 ‘drones’ voam no país sem regra”. G1, São Paulo, 23 março. 2013.
Disponível:<<http://g1.globo.com/brasil/noticia/2013/03/polemicos-e-revolucionarios-mais-de-200-drones-voam-no-brasil-sem-regra.html>>. Acesso em: 10 julho. 2013.
- [2] Güçlü, Anil. “Attitude and altitude control of an outdoor quadrotor”. Thesis (Master of Science in Mechatronics Engineering) – The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Atilim University, Ankara(TR), 2012.
- [3] Costa, Sérgio Eduardo Pereira Aurélio Pereira da. “Controle e imulação de um quadricóptero convencional”. Dissertação (Mestrado em Engenharia Aeroespacial) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa (PT), 2008.
- [4] Lemos, Nivaldo A. Mecânica analítica, 2.ed. São Paulo, 2007. 386p.
- [5] Jirinec, Tomáš. “Stabilization and control of unmanned quadcopter”. Thesis (Master of Science in Space Engineering) – Faculty of Electrical Engineering, Czech Technical University, Prague (CZ), 2011.
- [6] Scilab Enterprises. About Scilab. Disponível em: <www.scilab.org/scilab/about>. Acesso em 13 julho. 2013.
- [7] Li, Jung e Li, Wung. “Dynamic Analysis and PID Control for a Quadrotor”, in International Conference on Mechatronics and Automation, Beijing, China, 2011.