

# Controle Robusto aplicado ao Quad-tiltrotor

Proposta de Dissertação de Mestrado

Orientador: Prof. Dr. Edson Roberto De Pieri

`edson.pieri@ufsc.br`

Coorientador: Prof. Ebrahim Samer El Youssef

`ebrahim.el.youssef@ufsc.br`

7 de julho de 2018

## Resumo

Em muitas aplicações com robôs móveis é necessário seu deslocamento por ambientes com obstáculos, o que exige um grau de manobrabilidade do dispositivo. Atrélado a isto sabe-se que pela sua natureza construtiva, os robôs possuem restrições de movimentos, velocidades e acelerações o influencia sua capacidade de executar uma determinada trajetória. Um estrutura atual de robô móvel é o quad-rotor com rotores inclináveis, que se distingue por poder se locomover sem ter que rotacionar o seu corpo, devido a seu maior grau de liberdade e atuação. Dado existam trajetórias factíveis para o quad-rotor um problema interessante e tema desta proposta de dissertação é o de desenvolvimento de um sistema de controle robusto que possa resolver os problemas de rastreamento de trajetória e regulação deste robô em detrimento da complexidade do sistema altamente não linear, subatuação, variações paramétricas, dinâmicas negligenciadas e perturbações externas.

## 1 Introdução e Motivação

Ao longo das últimas décadas houve uma grande acensão do emprego de robôs manipuladores na indústria, visando atividades de manipulação de objetos, soldagem, furação entre outras. A partir dos anos 2000, acompanhando a evolução de várias outras tecnologias, observa-se uma intensificação nas pesquisas e início do emprego de robôs móveis, sejam eles terrestres, aéreos ou ainda aquáticos.

Dentre os robôs móveis terrestres existem aqueles cuja a locomoção é por meio de rodas, esteiras e pernas. O primeiro tipo desperta bastante interesse devido a ter aspectos construtivos e operação relativamente mais simples. Um exemplo interessante deste tipo de robô é sua aplicação em grandes depósitos de distribuição de mercadoria, em que se pode ter a cooperação deste tipo de robô, inclusive com robôs com braço manipulador acoplado.

Em tempo, os robôs aéreos se dividem entre aqueles que possuem asas fixas [1] e asas rotativas [2]. O emprego de ambos se dividem de acordo com as aplicações que

ora necessitam de maior *payload* e autonomia e ora maior grau de manobrabilidade. Por exemplo, para o primeiro caso pode-se citar a aplicação de um veículo aéreo não tripulado (vant) de asas fixas na pulverização de uma plantação, para o segundo caso um exemplo seria a aplicação de um vant do tipo quadrotor com câmera acoplada por um gimbal a um sistema vigilância em uma instituição pública ou privada.

Soluções empregando robótica são, pelas suas naturezas, multidisciplinares e normalmente partem da definição de quais estruturas robóticas devem ser empregadas, sejam elas robôs manipuladores de base fixa, robôs móveis terrestre sobre rodas ou vants de asas rotativas, etc.

No caso de soluções que envolvam robôs móveis os principais desafios são [3]:

- especificação, dimensionamento e construção do robô ou robôs;
- construção de modelos matemáticos;
- desenvolvimento de um sistema de sensoramento para localização do robô e mapeamento do ambiente em que vai operar;
- desenvolvimento de um sistema de comunicação e consenso, para que haja interação entre robôs e estações base.
- desenvolvimento de um sistema de navegação, incluindo um sistema de geração de trajetórias e controle.

Obviamente que de acordo com a aplicação do robô outros desafios deverão ser enfrentados.

O problema de navegação é bastante interessante, pois o sistema de geração de trajetórias deverá ser concebido de tal sorte a:

- respeitar as limitações cinemáticas e dinâmicas do robô;
- lidar com a possibilidade de mais de uma trajetória capaz de levar o robô de um ponto A a um ponto B, gerando aquela que atende melhor ao problema;

e por sua vez o sistema de controle deverá ser capaz de atender aos problemas de regulação e rastreamento de trajetórias:

- superando alto grau de não linearidades, acoplamento e subatuação do sistema;
- garantindo robustez frente a incertezas paramétricas, dinâmicas negligenciadas e perturbações;

Tomando como foco deste trabalho os robôs aéreos com asas rotativas devido ao seu potencial para aplicações em ambientes estruturados que dependem de um grau de manobrabilidade alto, sabe-se que há grandes desafios no desenvolvimento de um sistema de geração de trajetórias e controle.

Na literatura a grande maioria dos trabalhos tratam o quad-rotor, uma estrutura com quatro propulsores cuja direção de giro são escolhidas de tal forma a ser possível movimentos lineares e rotacionais no espaço tridimensional [4, 5]. Este dispositivo é capaz sempre de realizar movimento em qualquer direção instantaneamente, sendo necessário em alguns caso alguma manobra. Isto se explica pela presença de restrições não holonômicas que afetam a cinemática do robô.

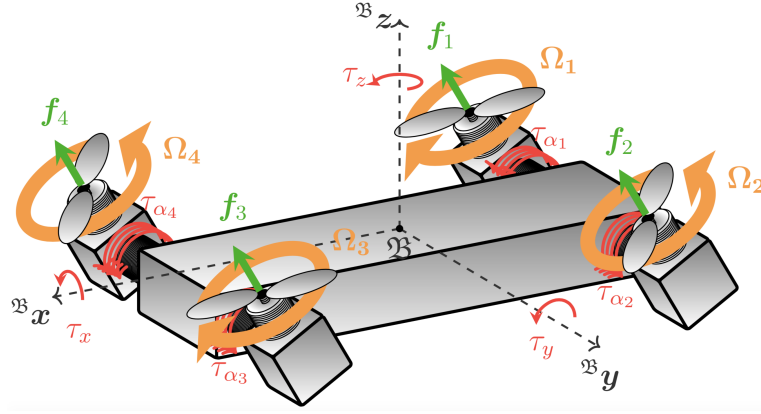


Figura 1: Quad tiltrotor.

Uma característica intrínseca deste tipo de vant é que ele precisa inclinar seu corpo para fazer movimentos lineares nas direções  $x$  e  $y$  do plano cartesiano. Assim, devido a necessariamente voar sempre com o corpo inclinado tem menor aproveitamento do seu potencial para gerar velocidades naquelas direções.

Uma variação deste vant é o quadrotor com rotores inclináveis (quad-tiltrotor - Figura 1), que possui servo motores responsáveis pela inclinação dos propulsores. Desta forma, este tipo de vant pode voar nas direções  $x$  e  $y$  sem ter que inclinar seu corpo e o que pode permitir maiores velocidades. Além disso, ao aumentar o grau de liberdade e atuação do sistema surge, dentro do problema de geração de trajetórias, a questão de qual seria a melhor forma de executar um movimento do ponto de vista de algum requisito e por consequência como controlar o dispositivo para que execute o movimento desejado.

Esta é uma questão pouco explorado e portanto foco desta proposta de trabalho [6, 7].

## 2 Objetivo

O objetivo principal deste proposta de dissertação é o estudo e desenvolvimento de sistemas de controle robusto permitam o quad-tiltrotor seguir trajetórias que sejam factíveis.

Especificamente, assumindo que há um sistema capaz de produzir trajetórias para as variáveis controladas de um quad-tiltrotor que possa atender a requisitos desejados, além de serem factíveis do ponto de vista cinemático e dinâmico, deseja-se estudar e desenvolver sistemas de controle robusto que possam garantir que o vant siga as trajetórias em detrimento de variações paramétricas, dinâmica desconhecidas e perturbações externas.

## 3 Metodologia

O desenvolvimento do projeto compreende a execução do seguinte conjunto de atividades:

- revisar literatura referente à modelagem de vants de asas rotativas, considerando a teoria de multi corpos;
- realizar revisão bibliográfica sobre controle robusto aplicado a dispositivos robóticos de forma geral e também específica para vants de asas rotativas.
- realizar revisão bibliográfica sobre o controle de rastreamento de trajetória, hovering;
- delimitar o problema a ser tratado do ponto de vista de restrições do robô e do ambiente onde deve operar.
- desenvolver sistemas de controle robusto para o rastreamento de trajetória e hovering;
- redigir relatório parciais com intuito de facilitar o andamento e conclusão do trabalho;
- redigir artigos científicos com os resultados alcançados;
- escrever a dissertação;
- defender a dissertação em banca.

## Referências

- [1] P. Sujit, S. Saripalli, and J. B. Sousa, “Unmanned Aerial Vehicle Path Following: A Survey and Analysis of Algorithms for Fixed-Wing Unmanned Aerial Vehicle,” *IEEE Control Systems*, vol. 34, no. 1, pp. 42–59, 2014.
- [2] S. Bouabdallah, P. Murrieri, and R. Siegwart, “Design and control of an indoor micro quadrotor,” in *Robotics and Automation, 2004. Proceedings. ICRA '04. 2004 IEEE International Conference on*, vol. 5, pp. 4393–4398 Vol.5, April 2004.
- [3] O. K. Bruno Siciliano, ed., *Springer Handbook of Robotics*. Springer Verlag, 1 ed., 2008.
- [4] G. V. Raffo, “Robust control strategies for a quadrotor helicopter,” Master’s thesis, Universidad De Sevilla Escuela Técnica Superior De Ingeniería, 2011.
- [5] M.-D. Hua, T. Hamel, P. Morin, and C. Samson, “Introduction to feedback control of underactuated vtol vehicles: A review of basic control design ideas and principles,” *Control Systems, IEEE*, vol. 33, pp. 61–75, Feb 2013.
- [6] R. Donadel, “Modeling and control of a tiltrotor unmmanned aerial vehicle for path tracking,” Master’s thesis, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, 2015.
- [7] J. C. Vandrichoski, “Modelagem e controle de veículos aéreos híbridos com rotores inclináveis e câmera orientável,” Master’s thesis, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, 2017.