

# Sistemas de Defesa: Uma abordagem para desvios de obstáculos no auxílio do controle de um quadricóptero em tempo real

Bruno da Silva Giovanini

Paulo F.F. Rosa<sup>1</sup>  
(Orientador)

<sup>1</sup>Instituto Militar de Engenharia - IME  
Laboratório de Robótica e Inteligência Computacional  
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Defesa

3 de fevereiro de 2015

## 1 Introdução

- Objetivo

## 2 Tópicos tutorias

- O quadricóptero
- Sistemas embarcados para navegação
- Controle PID e quadricópteros

## 3 Referências

- **Crescente utilização para missões civis e militares**
- **Voos em ambientes fechados e restritos**
- **Risco de colisão com equipamentos críticos e sensíveis**
- **Difícil controle e manuseio**

# Introdução II

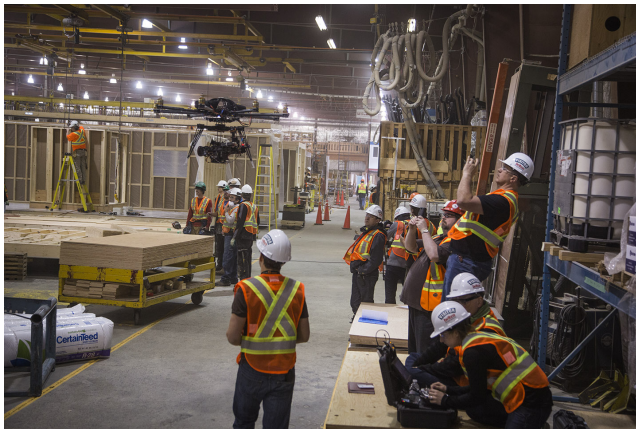


Figura: Filmagem *indoor*



Figura: Inspeção de equipamentos sensíveis

- Evitar colisões de um quadricóptero, estimando constantemente a trajetória futura do veículo, com base na sua dinâmica, seu estado atual, o *input* de controle corrente e a distância para os obstáculos, medida através de sensores ultrassônicos embarcados
- Maior segurança no voo desta plataforma em ambientes restritos

# O quadricóptero - A Plataforma

- Veículo voador com quatro rotores com decolagem e aterrissagem vertical [9]



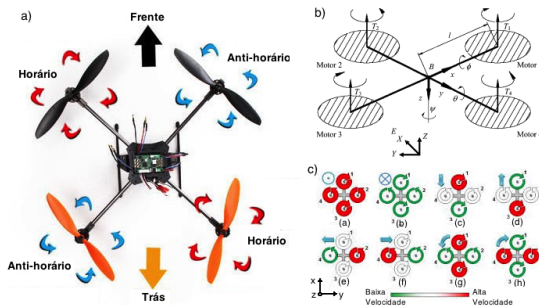
Figura: Plataforma Parrot Ardrone 2.0. Fonte [1]

# O quadricóptero - Dinâmica de Voo I

- Seis graus de liberdade com quatro atuadores
- Mantem estabilidade com 4 motores independentes e controle eletrônico



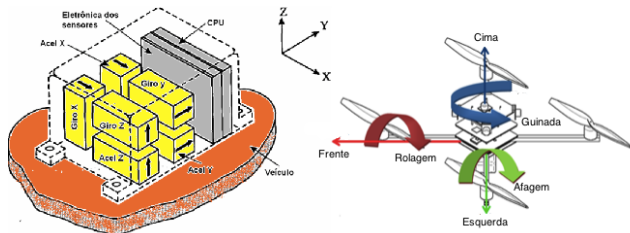
# O quadricóptero - Dinâmica de Voo II



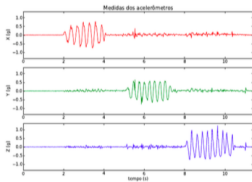
**Figura:** Estrutura e orientação dos motores (a), as forças e momentos atuando no quadricóptero (b) e os movimentos gerados a partir das variações de velocidades dos motores (c). Fontes [2], [8] e [4].

- Obtenção de informações sobre a posição, velocidade e atitude de um veículo com relação a um dado referencial
- Fornecidas por sensores inerciais: acelerômetros e giroscópios
- Magnetômetros incluídos melhoram a medida da atitude do veículo

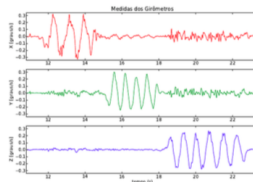
- Componente eletrônico onde estão montados os sensores.
- Três acelerômetros: aceleração linear ( $x, y, z$ )
- Três giroscópios: velocidade angular ( $\phi, \theta, \psi$ )



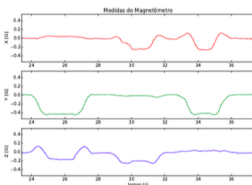
**Figura:** Estrutura do Sistema de Navegação acoplada ao veículo (esquerda) e os movimentos gerados no quadricóptero (direita). Fonte [5]



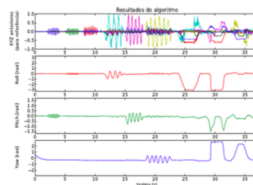
(a) Medições do acelerômetro



(b) Medições do giroscópio



(c) Medições do magnetômetro



(d) Resultado após o processamento das medições dos sensores

**Figura:** Gráfico das medições dos sensores inerciais da IMU do VANT-IME.

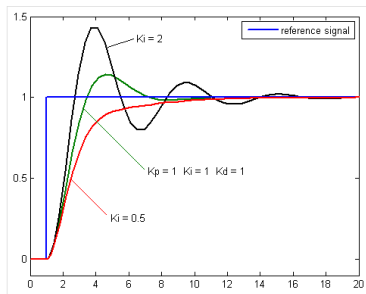
Fonte [3]

- Método comum para controle de robôs
- Controle fechado que reage a mudanças no ambiente captadas por sensores
- Três parâmetros constantes: Proporcional (P), Integral (I) e Derivativo (D)

- Proporcional (P)
  - É tipicamente o erro.
  - Fórmula:  $A - B$ , onde  $A$  é a posição atual e  $B$  é onde deveria estar
- Integral (I)
  - É o acúmulo dos erros passados no tempo.
  - Fórmula:  $A/t_1 + B/t_2 + C/t_3$ , sendo  $A$  o erro em  $t_1$ ,  $B$  em  $t_2$  e  $C$  em  $t_3$
- Derivativo (D)
  - É a mudança do erro no tempo.
  - Fórmula:  $(A - B)/t$ , sendo  $A$  o erro inicial e  $B$  o erro depois do tempo  $t$

# Controle PID III

- Cada parâmetro tem seu ganho  $K$  associado
- Soma ponderada:  $P * K_p + I * K_i + D * K_d$



**Figura:** Desempenho do sistema para diferentes ganhos  $K_p$ ,  $K_i$  e  $K_d$ . Fonte [6]

# PID para quadricópteros I

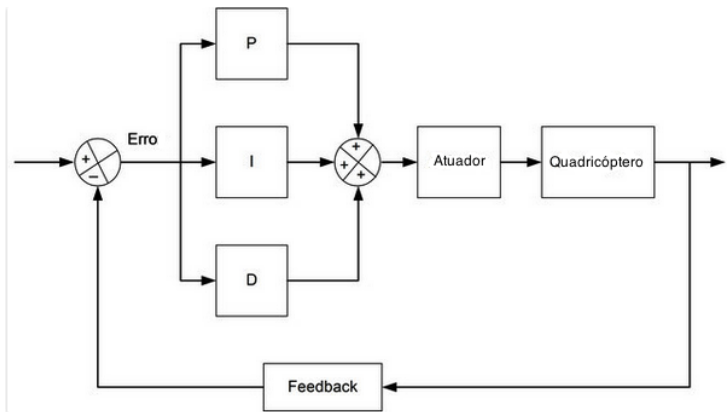


Figura: Controle PID de um quadricóptero. Fonte [7]



# PID para quadricópteros II

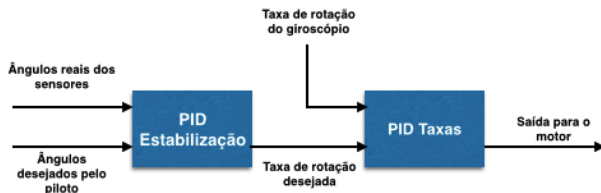


Figura: Controle PID por eixo. Fonte [7]

# O Problema: Segurança em voo para quadricóptero

- Auxiliar o controle da plataforma com base na dinâmica, estado atual, controle corrente e distância para obstáculos
- Definir uma pequena variação de controle  $\Delta \mathbf{u} \in \mathcal{U}$  para evitar colisão. Onde  $\mathcal{U} \subset \mathbb{R}^n$  o espaço do *input* de controle

$$\begin{aligned} \min: & \Delta \mathbf{u} \\ \text{Sujeito a: } & \forall t \in [0, \tau], \mathcal{R}(\mathbf{g}(\mathbf{x}, \mathbf{u} + \Delta \mathbf{u}, t)) \cap \mathcal{O} = \emptyset \end{aligned} \tag{1}$$

# Referências I



*AR.Drone Developer Guide.*



Quadcopter (x-mode build log).



R. A. da Paixao, P. F. F. Rosa, and J. M. M. Neto.

An attitude heading and reference system: basic concepts and prototype.  
*In Industrial Electronics (ISIE), 2011 IEEE International Symposium on,*  
pages 2225–2230. IEEE, 2011.



J. M. B. Domingues.

Quadrotor prototype.

*Universidade Tecnica de Lisboa. Dissertacio, 2009.*



J. A. F. JUNIOR.

Simulação e implementação em tempo real de sistemas de navegação inercial integrados ins/gps.

Master's thesis, IME, 2009.



R. Kingdom.

Pid controller tutorial for robots.



O. Liang.

Quadcopter pid explained and tuning.



A. A. Mian and W. Daobo.

Modeling and backstepping-based nonlinear control strategy for a 6 dof quadrotor helicopter.

*Chinese Journal of Aeronautics*, 21(3):261–268, 2008.



A. L. Salih, M. Moghavvemi, H. A. Mohamed, and K. S. Gaeid.

Flight pid controller design for a uav quadrotor.

*Scientific Research and Essays*, 5(23):3660–3667, 2010.

## Perguntas?

angonesealberto@gmail.com

