

PME3380 - Modelagem de Sistemas Dinâmicos  
Prof Dr Agenor de Toledo Fleury  
Prof Dr Décio Crisol Donha



# Dinâmica de voo de um *Parafoil*

Guilherme Paina de Camargo	9801940
Leonardo Faria de Oliveira	10706131
Lucas Souza Vieira	10772863
Luís Felipe Biancardi Palharini	10773203

# Sumário

**1**

**Motivação**

**2**

**Sistema  
dinâmico**

**3**

**Perspectivas  
futuras**

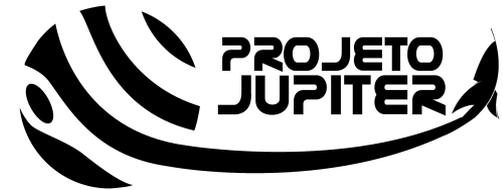
**4**

**Referências**

# Motivação

- Integração de projetos
  - Complexidade necessária para atender aos requisitos da disciplina
  - Possibilidade de implementação do projeto na área de Recuperação do Projeto Jupiter
  
- Disseminação de conhecimentos
  - A futura fabricação possibilitará que novos membros do Projeto aprendam

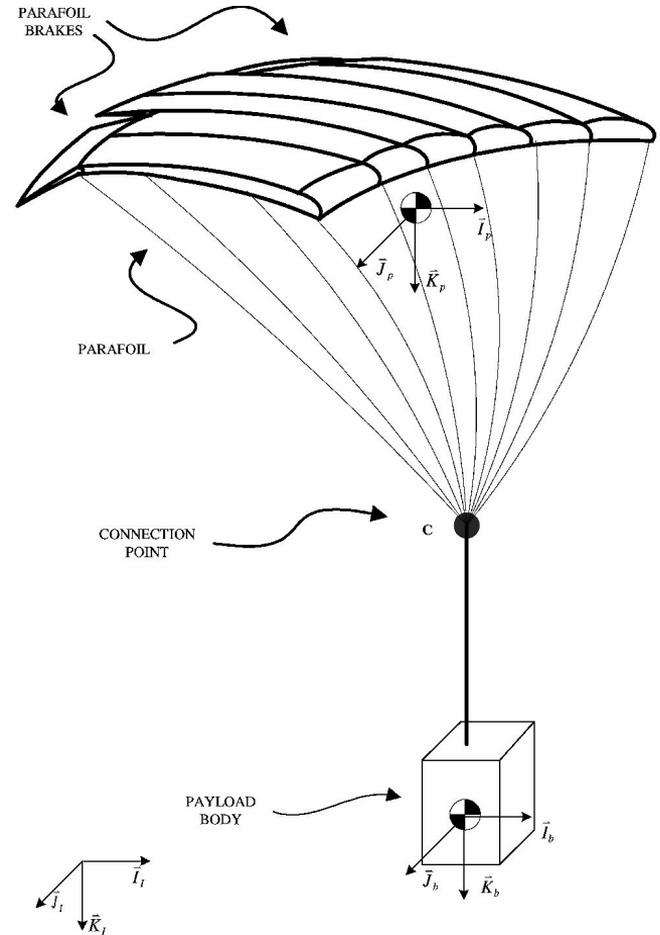
Fonte: FlightOpportunities/NASA



Fonte: Autores, 2019.

# Sistema dinâmico

- Graus de liberdade vistos na literatura:
  - 6, 8 e 9;
  - Componentes de velocidade linear e angular dos corpos do sistema.
- Esforços externos:
  - Arrasto e sustentação;
  - Momentos aerodinâmicos;
  - Massa aparente.



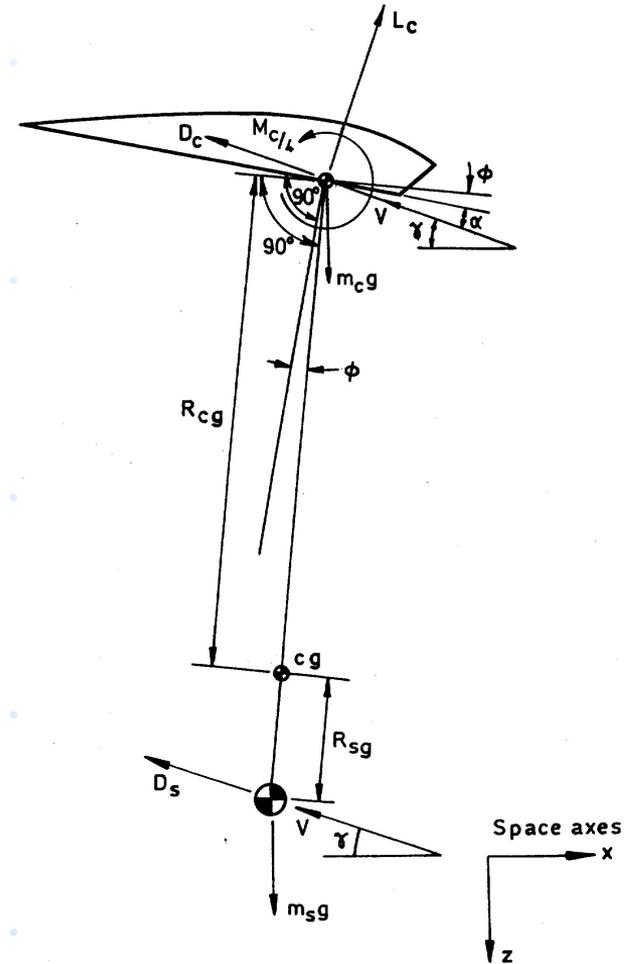
# Sistema dinâmico

- Caso mais simples: sistema não linear de 6ª ordem;
- *Parafoil* e carga associada modelados como corpos rígidos;
- Uso de teoremas da mecânica geral;
- Após linearização, sistema ainda apresenta ordem 6.

$$\dot{\mathbf{v}} = \frac{1}{m} \mathbf{F} + \mathbf{G} - \boldsymbol{\omega} \wedge \mathbf{v}$$

$$\dot{\boldsymbol{\omega}} = \mathbf{J}^{-1}(\mathbf{M} - \boldsymbol{\omega} \wedge \mathbf{J}\boldsymbol{\omega})$$

$$\mathbf{x} = [u \quad v \quad w \quad p \quad q \quad r]^T$$



# Perspectivas futuras

- Controle de trajetória:
  - Continuação do desenvolvimento do tema na disciplina PME3481 - Controle e Aplicações.
  
- Implementação na recuperação dos foguetes.



Fonte: Autores, 2019.

# Referências

- FEIKAI, L. V.; WEILIANG, H.; ZHAO, L. An improved nonlinear multibody dynamic model for a parafoil-UAV system. **IEEE Access**, Beijing, v. 7, p. 139994-140009, 2019.
- LISSAMAN, P. B. S.; BROWN, G. J. **Apparent mass effects on parafoil dynamics**. Technical Report 93-1236, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1993. 7 p.
- SLEGGERS, N.; COSTELLO, M. Aspects of Control for a Parafoil and Payload System. **Journal of guidance, control, and dynamics**, v. 46, n. 6, p. 898-905, nov./dec. 2003.
- STEIN, M. Jenny; MADSEN, M. Chris. **An Overview of the Guided Parafoil System Derived from the X-38 Experience**. Technical Report, NASA Johnson Space Center, Houston, State, 2005. 11p.
- STEVENS, B. L.; LEWIS, F. L.; JOHNSON, E. N. **Aircraft control and simulation**. 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2016. 764 p.
- TWEDDLE, B. E. **Simulation and Control of Guided Ram Air Parafoils**. 2006. 86 p. Trabalho de Conclusão de Curso - University of Waterloo, Waterloo, 2006.
- Base bibliográfica total de mais de 30 trabalhos acadêmicos.



Fonte: Autores, 2019

# MUITO OBRIGADO!

