

## TM-273 PROJETO E LANÇAMENTO DE ESPAÇOMODELOS

# AULAS LECIONADAS EM 2016/2

Atualizado em 4 Nov 2016 às 22:09 h

**ATENÇÃO:** para não reprovar por frequência nesta disciplina, cada aluno poderá faltar no máximo 3 dias de aulas.

As notas de aula digitais estão em <http://ftp.demec.ufpr.br/foguete/apostila/>

As leituras complementares estão em <http://ftp.demec.ufpr.br/foguete/bibliografia/>

Os aplicativos estão em <http://ftp.demec.ufpr.br/foguete/Aplicativos/>

### Interessados sobre:

- As atividades desenvolvidas no grupo de pesquisa em *CFD, propulsão e aerodinâmica de foguetes*, da UFPR: ver no *site* da disciplina o arquivo Grupo\_CFD\_fevereiro\_2014\_v8.pdf e o *site* [www.cfd.ufpr.br](http://www.cfd.ufpr.br).
- **Foguetes:** ver o *site* do grupo de foguetes da UFPR em [www.foguete.ufpr.br](http://www.foguete.ufpr.br) e o *blog* <http://fogueteufpr.blogspot.com.br/>.
- **Orientação do prof. Marchi** para Iniciação Científica, Estágio, Trabalho de Fim de Curso, Mestrado e Doutorado: ver o arquivo temas\_para\_orientacao\_prof\_Marchi\_janeiro\_2015.pdf no *site* da disciplina.

### Aula 15 (ÚLTIMA): PLANO para 3 Dez 2016

Objetivo: receber o trabalho sobre lançamento de espaçomodelo  
[Trabalho\_Lancamento\_TM273\_2016-2.pdf]

### Aula 14: PLANO para 26 Nov 2016

Objetivos:

- Apresentar os resultados dos lançamentos de 19 Nov 2016  
[Resultados\_lancamentos\_2016-11-19.pdf e outros]
- Esclarecer dúvidas a respeito do trabalho sobre lançamento de espaçomodelo  
[Trabalho\_Lancamento\_TM273\_2016-2.pdf]

### Aula 13: PLANO para 19 Nov 2016

**Atenção:** para entrar no Centro Politécnico da UFPR nesse dia, caso seja necessário, o aluno deverá se identificar na portaria, informando ao segurança que seu nome está em uma lista de autorização de entrada chamada de **MINIFOGUETES**. Esta autorização vale para seus acompanhantes.

Dependendo das condições climáticas (se estiver chovendo ou tenha chovido muito durante a manhã do dia 19, ou esteja com vento muito forte), não serão feitos os lançamentos. Tendo dúvida, acesse o *blog* <http://fogueteufpr.blogspot.com.br/> para ver se há algum aviso adiando os lançamentos para o dia 20 às 9:00 horas.

Local: campo de futebol número 1 do CED/UFPR

Hora: 14:00

Objetivos:

- Mostrar os equipamentos a serem usados nos lançamentos
- Realizar 4 lançamentos de minifoguetes com motor Bandeirante A6-0/2013; também serão feitos outros lançamentos do Grupo de Foguetes Carl Sagan

### **Avisos:**

- Os resultados dos lançamentos de 19 Nov 2016 deverão estar disponíveis no *site* da disciplina a partir do dia 21 Nov 2016.
- No dia 19 Nov 2016 não haverá aula de manhã.

## **Aula 12: PLANO para 12 Nov 2016**

**Aviso:** os lançamentos serão no dia 19 Nov 2016 a partir das 14:00 h no campo de futebol 1 do CED/UFPR.

**Objetivos:**

- Norma de segurança da NAR [codigo\_seguranca\_NAR\_traduzido.pdf]
- Falar sobre o *Festival Brasileiro de Minifoguetes* e mostrar Resultados\_Finais\_2014\_04\_20.pdf
- blog Minifoguete 2016-05-06 Como obter autorizacao da Aeronautica para lancar minifoguetes.pdf
- blog Minifoguete 2016-05-31 Amplitude do controle do Exercicio sobre Minifoguetes.pdf
- Mostrar fisicamente três tipos de altímetro de bordo: Perfect Flite; Altimeter Two; MicroPeak.
- Mostrar resultados experimentais de altímetros de bordo:
  - MicroPeak: LAE-45\_mP-10\_LT\_2014-04-11.pdf e LAE-45\_mP-10\_LT\_2014-04-11\_tabelas.pdf
  - Altimeter Two: LAE-21\_resultados.pdf
  - Perfect Flite: Altimetro\_grafico\_LAE\_36\_LT\_13\_Abr\_2014.pdf
- Apresentar o trabalho sobre lançamentos de espaçomodelo [Trabalho\_Lancamento\_TM273\_2016-2.pdf]
- Receber o trabalho sobre projeto de espaçomodelo [Trabalho\_Projeto\_TM273\_2016-2.pdf] e um minifoguete montado
- Aplicativo Trajeto 1.2
- Comentar sobre as próximas aulas

**Tarefa (valendo nota)** para entregar até o dia 3 Dez 2016: relatório do lançamento do minifoguete de cada equipe de acordo com o texto do arquivo Trabalho\_Lancamento\_TM273\_2016-2.pdf

**Leituras recomendadas para fazer até o dia 19 Nov 2016:**

- codigo\_seguranca\_ABAEE.pdf
- codigo\_seguranca\_NAR.pdf

## **Aula 11: PLANO para 5 Nov 2016**

**ATENÇÃO, valendo nota,** para a próxima aula, dia 12 Nov 2016: cada equipe deverá entregar um espaçomodelo montado e o relatório do projeto dele de acordo com o texto do arquivo Trabalho\_Projeto\_TM273\_2016-2.pdf

**Objetivos:**

- Mostrar o efeito das empenas sobre o desempenho do Sondinha II [Otimizacao\_empenas\_Sondinha\_II\_Marchi\_et\_al\_1989.pdf]
- Estimativa experimental do apogeu [Estimativa\_experimental\_do\_apogeu\_v2.pdf (6 p.)]
- Aprender a usar o aplicativo Apogeu 1.1 com os exemplos 1 e 2 [Apogeu\_1p1\_todos\_os\_arquivos.zip]
- Mostrar os resultados dos lançamentos da turma 2010/2 [Resultados\_lancamentos\_28\_Nov\_2010.pdf (2 p.)]
- Mostrar os registros de voos de minifoguetes experimentais brasileiros com apogeu  $\geq 300$  metros: [http://servidor.demec.ufpr.br/foguete/Registro\\_voos\\_MFE/](http://servidor.demec.ufpr.br/foguete/Registro_voos_MFE/)
- Esclarecer dúvidas sobre o projeto [Trabalho\_Projeto\_TM273\_2016-2.pdf]
- Executar parte do projeto durante a aula; estarão disponíveis para os alunos: 1 balança e 1 paquímetro.

## **Aula 10: lecionada em 22 Out 2016 (período: 10:10-12:00=1h50; 19 alunos)**

**Objetivos:**

- Aprender a usar o aplicativo RockSim 7.0 para calcular trajetória [RockSim7\_tutorial3.pdf (página 1 até a página 21)]
- Apresentar o trabalho sobre projeto de espaçomodelo [Trabalho\_Projeto\_TM273\_2016-2.pdf]
- Entregar 1 kit de espaçomodelo e 1 motor Bandeirante A6-0/2013 a cada equipe

**Tarefa (sem valer nota) para concluir até a aula do dia 29 Out 2016:** fazer o exercício do arquivo Exercicio\_RockSim\_Tutorial\_3\_2014-2.pdf

**Tarefa (valendo nota)** para entregar até o dia 12 Nov 2016: em equipe, 1 minifoguete montado e o relatório do projeto dele de acordo com o texto do arquivo Trabalho\_Projeto\_TM273\_2016-2.pdf

**O trabalho deverá ser feito com os alunos organizados nas seguintes equipes:**

- Equipe CEP: alunos do CEP
- Equipe LAE-pós: alunos de pós-graduação do Grupo de Foguetes Carl Sagan da UFPR

- Equipe LAE-graduação: alunos de graduação do Grupo de Foguetes Carl Sagan da UFPR
  - Equipe Geral: alunos que não estão inseridos nas equipes anteriores
- Precisando, peçam-me o e-mail dos colegas de suas equipes.

### **Aula 9: lecionada em 15 Out 2016 (período: 10:05-11:50=1h45; 18 alunos)**

#### Objetivos:

- Aprender a usar o aplicativo Trajetoria 1.0:
    - Trajetoria\_1p0.zip
    - Trajetoria\_1p0\_teorias.pdf (página 1 a 5)
    - Tutorial\_Trajetoria\_1p0.pdf (página 1 a 8)
  - Mostrar os atuais recordes brasileiros de minifoguetes: <http://ftp.demec.ufpr.br/foguete/Recordes/>
- Tarefa (sem valer nota) para concluir até a aula do dia 22 Out 2016: fazer os exercícios 1 a 8 da página 8 do arquivo Tutorial\_Trajetoria\_1p0.pdf
- Também estão disponíveis os aplicativos Trajetoria 1.1 e 2.0 que permitem usar empuxo e coeficiente de arrasto variáveis, entre outras opções.

**CONVITE:** no dia **8 Out 2016 (sábado)**, a partir das **14:00 h**, ocorrerá o **DIA NACIONAL DE LANÇAMENTO DE MINIFOGUETES, no campo de futebol 1 do CED, no Centro Politécnico da UFPR, no bairro Jardim das Américas em Curitiba**, quando serão feitos vários lançamentos de minifoguetes. É necessário fazer inscrição gratuita através do link <http://fogueteufpr.blogspot.com.br/2016/09/8-out-2016-14-h-centro-politecnico-da.html>. Recomenda-se fazer a inscrição até o dia 5 de outubro (quarta-feira).

### **SEM AULA em 8 Out 2016 devido ao evento acima**

### **Aula 8: lecionada em 1 Out 2016 (período: 10:05-11:55=1h50; 20 alunos)**

#### Objetivos:

- Mostrar o estudo sobre as empenas do minifoguete Netuno-R/Paraná-I [ensaio\_AeroCP\_Netuno\_R\_empenas\_Diego\_2015-12-09.pdf]
  - Aprender a usar o aplicativo Cd 2.0 [Cd\_2.0\_2016-09.zip]
  - Cap. 5 Trajetória [Capitulo\_05\_Trajetoria\_v2.pdf (página 1 até o fim da seção 5.5.2 na página 6)]; correção: na página 5 o diâmetro da semiesfera é  $\approx 0,71$  do diâmetro do círculo
  - Receber o trabalho dos testes estáticos [Trabalho\_Testes\_Estaticos\_TM273\_2016-2.pdf]
- Tarefa (sem valer nota) para concluir até a aula do dia 15 Out 2016: fazer os exercícios 1 e 2 do arquivo Tutorial\_Cd2.pdf

### **Aula 7: lecionada em 24 Set 2016 (período: 10:06-11:32=1h26; 20 alunos)**

#### Objetivos:

- Mostrar o experimento de queda livre de um martelo e uma pena na Lua (<https://youtu.be/HqcCpwIeiu4>), e penas e bola de boliche em laboratório da NASA (<https://youtu.be/E43-CfukEgs>).
- Cap. 4 Coeficiente de Arrasto ( $C_D$ ) [Capitulo\_04\_Cd\_v2.pdf (página 1 até o fim da seção 4.6 na página 5)]
- Mostrar resultados experimentais e numéricos do escoamento sobre um cone-cilindro
- Aprender a usar o aplicativo RockSim 7.0 para calcular o  $C_D$  [RockSim7\_tutorial\_2c.pdf (página 1 até a página 3)]
- Esclarecer dúvidas sobre o trabalho dos testes estáticos [Trabalho\_Testes\_Estaticos\_TM273\_2016-2.pdf]

Tarefa (sem valer nota) para concluir até a aula do dia 1 Out 2016:

- Usar o aplicativo RockSim 7.0 para ver o efeito de cada parte do minifoguete Sondinha II sobre o  $C_D$ ; para isso, fazer simulações visando confirmar os resultados apresentados nas tabelas 1 a 12 das páginas 4 a 9 do arquivo RockSim7\_tutorial\_2c.pdf
- Fazer o exercício 4.1 que está no arquivo Exercicios\_RockSim\_Tutorial\_2\_2014-2.pdf

**Aula 6: lecionada em 17 Set 2016 (período: 10:05-11:43=1h38; 20 alunos)****Objetivos:**

- Apresentar o trabalho sobre testes estáticos [Trabalho\_Teste\_Estatico\_TM273\_2016-2.pdf]
- Aprender a usar o aplicativo RockSim 7.0 para calcular o CP [RockSim7\_tutorial1.pdf]
- Mostrar projetos de espaçomodelos inseridos no aplicativo RockSim 7.0

**Tarefa (sem valer nota) para concluir até a aula do dia 24 Set 2016:**

- Acessar a pasta <http://servidor.demec.ufpr.br/foguete/Aplicativos/RockSim7/>
- Transferir para o seu computador o arquivo rs700prd.zip (aplicativo RockSim 7.0)
- Instalar o aplicativo RockSim 7.0
- Refazer o RockSim7\_tutorial1.pdf
- Fazer os exercícios 3.9, 3.10 e 3.11 que estão no arquivo Exercicios\_RockSim\_Tutorial\_1\_2014-2.pdf

**Informação:** o manual do RockSim7 está disponível no arquivo Rocksim\_7\_manual.pdf**Tarefa (valendo nota) para entregar até a aula do dia 1 Out 2016:** fazer o relatório dos testes estáticos de acordo com o texto do arquivo Trabalho\_Teste\_Estatico\_TM273\_2016-2.pdf

Os dados dos testes estáticos estão disponíveis no site da disciplina, dentro da pasta

[TRABALHO TESTES ESTATICOS](#) e no link

<https://drive.google.com/file/d/0BxCmSuIXDboDUWdManN5VXBoRE0/view?usp=sharing>

**O trabalho deverá ser feito com os alunos organizados nas seguintes equipes:**

- 2 Equipes do CEP: alunos indicados pelo prof. Paulo Lagos
- Equipe UTP: alunos da UTP
- Equipe LAE-pós: alunos de pós-graduação do Grupo de Foguetes Carl Sagan da UFPR
- Equipe LAE-graduação: alunos de graduação do Grupo de Foguetes Carl Sagan da UFPR
- Equipe Mecânica-UFPR: alunos dos cursos de engenharia mecânica da UFPR

**Precisando, peçam-me o e-mail dos colegas de suas equipes.**

**AVISO:** não haverá aula no dia 10 Set 2016 devido ao recesso escolar na UFPR.**Aula 5: lecionada em 3 Set 2016 (período: 10:00-11:05=1h05; 20 alunos)****Objetivos:**

- Explicar o funcionamento da bancada usada para realizar testes estáticos de motores de espaçomodelos, com aquisição de dados da força de empuxo ao longo do tempo de queima do propelente
- Realizar 14 testes estáticos de motores de minifoguetes do tipo PE e BT, das classes 1/8A, A, B e C, com aquisição de dados da força de empuxo ao longo do tempo de queima do propelente

**CONVITE:** no dia **27 Ago 2016 (sábado), às 14:00 h, no campo de futebol 1 do CED**, serão feitos 8 lançamentos com motores das classes 1/4A, 1/2A e A. Para entrar à tarde no Centro Politécnico da UFPR é necessário informar na portaria que você está em uma lista chamada MINIFOGUETES autorizando a sua entrada.

**Aula 4: lecionada em 27 Ago 2016 (período: 10:09-11:41=1h32; 23 alunos)****Objetivos:**

- Cap. 3 Estabilidade: CG, CP e E [Capitulo\_03\_Estabilidade.pdf; cap\_3\_escaneamento\_Stine.pdf; e relatorio\_final\_projeto\_AEN2\_CNPq\_2008\_v12.pdf (páginas 16 e 17)]
- Demonstrar experimentalmente (com o método da corda) um espaçomodelo estável (DI-16) e um instável (DI-20), e fotos de voos estáveis (DI-14 e 16) e instáveis (DI-19, 22 e 24).
- Aprender a usar o aplicativo AeroCP 3.0 para calcular o CP [AeroCP3\_tutorial\_1b.pdf; e AeroCp.exe]

**Tarefa (sem valer nota) para concluir até a aula do dia 3 Set 2016:** fazer os exercícios 3.1 a 3.8 do arquivo Exercicios\_Cap\_3\_Estabilidade.pdf (conferir com Respostas\_cap\_3.pdf)

**Leituras recomendadas (arquivos na pasta bibliografia):**

- tir-30\_estabilidade.pdf
- tir-33\_CP.pdf

- Barrowman\_report.pdf

### **Aula 3: lecionada em 20 Ago 2016 (período: 10:00-11:40=1h40; 21 alunos)**

#### Objetivos:

- Capítulo 2. Motor-foguete de espaçomodelo [capitulo\_2\_Motor-foguete\_de\_espacomodelo\_v3.pdf]: a partir da seção 2.3 Curva de Empuxo
- Mostrar a folha de certificação da NAR do motor Apogee A2 [Apogee\_A2.pdf]
- Ensinar a usar o programa computacional Curva\_Empuxo\_1p2 e fazer os 3 exercícios do tutorial [Curva\_Empuxo\_1p2\_para\_disciplina\_EM\_2014\_2.zip; e Tutorial\_Curva\_Empuxo\_1p2\_em\_2014-08-20.pdf]
- Avisar sobre matrícula para quem não é do curso de engenharia mecânica da UFPR: dia 22 ou 23 Ago 2016 pegar autorização de matrícula no Depto. Eng. Mecânica da UFPR e depois fazer a matrícula no NAA (Núcleo de Assuntos Acadêmicos) no prédio histórico da UFPR, na praça Santos Andrade

Tarefa (sem valer nota) para concluir até a aula do dia 27 Ago 2016: fazer os 4 exercícios da seção 2.7 da apostila (conferir com Respostas\_cap\_2.pdf)

Observação: no site da disciplina, na pasta [Projeto\\_AEN-2\\_CNPq](#) há vários relatórios técnicos sobre dezenas de testes estáticos feitos com motores de espaçomodelos de diversos tipos.

Leituras recomendadas para fazer até a aula do dia 3 Set 2016:

- relatorio\_TE\_motores\_BT\_2010\_Jul\_e\_Set\_v4.pdf
- Estes\_TN-2.pdf

**CONVITE:** no dia **13 Ago 2016 (sábado), às 13:30 h, no LMH** (Laboratório de Máquinas Hidráulicas) do DEMEC/UFPR, serão feitos diversos testes estáticos com motores das classes 1/8A e C. Quem quiser participar deverá chegar no LAE entre 13:20 e 13:25 h.

### **Aula 2: lecionada em 13 Ago 2016 (período: 10:15-11:43=1h28; 19 alunos)**

#### Objetivos:

- Apresentar o item 1.6 da introdução à disciplina [Capitulo\_1\_Tipos\_Foguetes\_e\_Minifoguetes\_v2.pdf]
- Apresentar um esquema dos foguetes brasileiros de sondagem [PEB\_IAE\_2013\_04\_01\_pagina\_11.pdf] e comentar sobre o Sistema Nacional de Atividades Espaciais: INPE, IAE, CLBI, CLA e AEB
- Mostrar os recordes para cruzar os Estados Unidos [recorded\_times\_transportation\_systems\_NASA\_1976.pdf]
- Mostrar fisicamente motores de espaçomodelos: A6-0, B6-0, C6-0, C6-5 e E6-0
- Mostrar fisicamente uma tampa e uma tubeira de motor de espaçomodelo da Bandeirante
- Mostrar vídeos de motores de espaçomodelos em funcionamento (A6-0, B6-0, C6-0, C6-5 e E6-0) [BT-128\_A6-0, BT-129\_B6-0, BT-130\_C6-0, BT-123\_C6-5, LB-3\_E6-0]
- Capítulo 2. Motor-foguete de espaçomodelo [capitulo\_2\_Motor-foguete\_de\_espacomodelo\_v3.pdf]: até início da seção 2.3 Curva de Empuxo

Tarefa para quem não veio à primeira aula do dia 6 Ago 2016: estudar o material visto na aula 1.

### **Aula 1: lecionada em 6 Ago 2016 (período: 10:05-11:50=1h45; 23 alunos)**

#### Objetivos:

- Mostrar fisicamente kits de espaçomodelos desmontados
- Mostrar fisicamente espaçomodelos montados
- Mostrar fisicamente um motor de espaçomodelo
- Mostrar fisicamente um espaçomodelo na rampa de lançamento
- Mostrar fisicamente equipamentos: sistema de ignição, ignitor, altímetro de bordo
- Mostrar fisicamente minifoguetes experimentais
- Mostrar fisicamente um motor-foguete a propelente líquido
- Apresentar o edital sobre a forma de comunicação com os alunos [edital\_ftp\_TM273\_2016-2.pdf]
- Apresentar o plano de ensino da disciplina [plano\_TM273\_2016-2.pdf]

- Avisar sobre matrícula para quem não é do curso de engenharia mecânica da UFPR: dia 22 ou 23 Ago 2016 pegar autorização de matrícula no Depto. Eng. Mecânica da UFPR e depois fazer a matrícula no NAA (Núcleo de Assuntos Acadêmicos) no prédio histórico da UFPR, na praça Santos Andrade
- Mostrar fisicamente o manual da NAR (Stine)
- Apresentar a introdução à disciplina [Capitulo\_1\_Tipos\_Foguetes\_e\_Minifoguetes\_v2.pdf]

Leituras recomendadas para fazer até o dia 13 Ago 2016:

- Material visto nesta aula
- PEB\_IAE\_2013\_04\_01.PDF