

# TMEC-056 PROJETO E LANÇAMENTO DE ESPAÇOMODELOS

## Aulas lecionadas em 2019/2

Atualizado em 19 Set 2019 às 13:46 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\_setembro\_2016\_v9.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), o blog <http://fogueteufpr.blogspot.com.br/> e o Facebook em <https://www.facebook.com/gfcsufpr/>.
- **Orientação do prof. Marchi** para Iniciação Científica, Estágio, Trabalho de Conclusão de Curso, Mestrado e Doutorado: ver os arquivos temas\_para\_orientacao\_prof\_Marchi\_julho\_2018.pdf e orientacoes\_em\_andamento\_prof\_Marchi\_julho-2019 no *site* da disciplina.

### Aula 7: PLANO para 28 Set 2019

#### Objetivos:

- Mostrar efeitos aerodinâmicos [Stine7\_Cd-extrado\_2017-09-15.pdf e 2017-06-21 10.15.21.jpeg]
- Ensinar a usar o [aplicativo Cd 2.1](#) para calcular o Cd [Cd\_2.1\_2017-04.zip]; exemplos: Pluto 1, Sondinha II padrão (Sondinha-II-padrao.pdf) e Netuno-R-Beta/Paraná-VIIIb
- Exercícios em sala com o [aplicativo Cd 2.1](#)
- Receber o trabalho dos testes estáticos [Trabalho\_Testes\_Estatico\_EM\_2019-2.pdf]

**Tarefa (sem valer nota) para concluir até a aula do dia 5 Out 2019:** fazer os exercícios 4.1 a 4.3 do arquivo Exercicios\_Cd-2.1\_2017-2.pdf

**Leituras recomendadas (arquivos na pasta Apresentação do aplicativo Cd 2.1):**

- Apresentação.pdf
- Manual tecnico.pdf
- Wind\_Tunnel\_Testing\_for\_Space\_Launch\_System.mp4

### Aula 6: PLANO para 21 Set 2019

#### Objetivos:

- Cap. 3 Estabilidade: CG, CP e E [Capitulo\_03\_Estabilidade.pdf seção 3.2.5 até o fim]; usar o MF Sondinha II
- Ensinar a usar o aplicativo AeroCP 3.0 para calcular o CP [AeroCP3\_tutorial\_1b.pdf; e AeroCp.exe]
- Mostrar o estudo sobre as empenas do minifoguete Netuno-R/Paraná-I [ensaio\_AeroCP\_Netuno\_R\_empenas\_Diego\_2015-12-09\_com-esquemas\_2019-09-16.pdf]
- Esclarecer dúvidas sobre o trabalho dos testes estáticos [Trabalho\_Testes\_Estatico\_EM\_2019-2.pdf]
- 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>) com ar e vácuo.
- Cap. 4 Coeficiente de Arrasto ( $C_D$ ) [Capitulo\_04\_Cd\_v2.pdf]

**Observação:** também está disponível o aplicativo CP, na pasta Aplicativos, para cálculo do CP e E.

**Tarefa (sem valer nota) para concluir até a aula do dia 28 Set 2019:** fazer os exercícios 3.1 a 3.8 do arquivo Exercicios\_Cap\_3\_Estabilidade.pdf (conferir os resultados no arquivo Respostas\_cap\_3.pdf)

### Aula 5: lecionada em 14 Set 2019 (período: 9:30-11:20; 28 alunos)

#### Objetivos:

- Apresentar o trabalho sobre testes estáticos [Trabalho\_Testes\_Estatico\_EM\_2019-2.pdf]
- Cap. 3 Estabilidade: CG, CP e E [Capitulo\_03\_Estabilidade.pdf até seção 3.2.4; cap\_3\_escaneamento\_Stine.pdf; e relatorio\_final\_projeto\_AEN2\_CNPq\_2008\_v12.pdf (páginas 16 e 17)]; usar o MF Sondinha II
- Mostrar fotos de voos reais de minifoguetes estáveis (DI-14 e 16) e instáveis (DI-19, 22 e 24); usar os MF DI-16 e 20
- Mostrar outras fotos de voos reais da pasta estabilidade-fotos

**Tarefa (valendo nota) para entregar até a aula do dia 28 Set 2019:** fazer o relatório dos testes estáticos de acordo com o texto do arquivo Trabalho\_Testes\_Estatico\_EM\_2019-2.pdf

Os dados dos testes estáticos estão disponíveis no site da disciplina, dentro da pasta [TRABALHO TESTES ESTATICOS](#).

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

- Alunos do curso de engenharia mecânica da UFPR deverão se organizar em equipes com no mínimo 4 e no máximo 6 alunos.
- Os alunos e professor do CEP deverão formar uma única equipe.
- Os alunos Alexandre, Dérick e Guilherme Maia deverão formar uma única equipe.
- Os alunos Mateus Doneda, Joyce, Victor Miranda e Nilton deverão formar uma única equipe.
- Os demais alunos deverão formar uma única equipe.

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

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

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

**AVISO:** não haverá aula no dia 7 Set 2019 devido ao feriado.

**Aula 4: lecionada em 31 Ago 2019 (período: 9:30-10:45; 27 alunos)**

**Objetivos:**

- Explicar o funcionamento da bancada usada para realizar testes estáticos de motores de minifoguetes, com aquisição de dados da força de empuxo ao longo do tempo de queima do propelente
- Realizar testes estáticos de motores Bandeirante para minifoguetes: 5 da classe A do tipo booster, só com carga propulsora, com aquisição de dados da força de empuxo ao longo do tempo de queima do propelente; e 2 da classe C6-7 em uma morsa para verificar as 3 fases de um motor completo com cargas propulsora, temporizadora e ejetora.

**AVISO-1:** está aula será no LMH (Laboratório de Máquinas Hidráulicas) do Departamento de Engenharia Mecânica. O LMH fica quase em frente ao bloco III do Setor de Tecnologia e ao lado do bloco novo da Engenharia Elétrica. A entrada do LMH fica no estacionamento localizado entre a lateral do prédio do LMH e o bloco novo da Engenharia Elétrica. Ver o link <https://www.google.com.br/maps/@-25.4520235,-49.2344188,261m/data=!3m1!1e3>.

**AVISO-2:** quem não conseguir encontrar o LMH, aguarde do lado de fora do Lena 4 (local das aulas teóricas) que às 9:45 h alguém passará lá para levá-los ao LMH.

**Aula 3: lecionada em 24 Ago 2019 (período: 9:45-11:18; 23 alunos)**

**Objetivos:**

- Capítulo 2. Motor-foguete de espaçomodelo [Capitulo\_2\_Motor-foguete\_de\_espacomodelo\_v4.pdf]: revisão e seção 2.5
- Stine-6\_p-78-9\_2017-08-18.pdf
- Ensinar a usar o programa computacional Curva\_Empuxo\_1p2 [Curva\_Empuxo\_1p2\_para\_disciplina\_EM\_2014\_2.zip; e Tutorial\_Curva\_Empuxo\_1p2\_em\_2014-08-20.pdf]
- Fazer os 3 exercícios do tutorial do aplicativo Curva\_Empuxo\_1p2 [Curva\_Empuxo\_1p2\_para\_disciplina\_EM\_2014\_2.zip; e Tutorial\_Curva\_Empuxo\_1p2\_em\_2014-08-20.pdf]

**Tarefa (sem valer nota) para concluir até a aula do dia 31 Ago 2019:** usando o aplicativo Curva Empuxo 1.2, analisar os motores LV-6, TA-300, MLB-5 e NM-8 cujos dados estão na pasta [Exercícios Capítulo 2](#) da Apostila.

**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 31 Ago 2019 (na pasta Apostila):**

- Mostrar parâmetros variáveis da curva de empuxo do motor MLB-3 na pasta [Exemplo Curva-Empuxo-3.1](#) da Apostila
- relatorio\_TE\_motores\_BT\_2010\_Jul\_e\_Set\_v4.pdf
- 2015\_Moro\_Banco\_Estatico\_Caseiro\_v1\_em\_2015-10-20.pdf

**Aula 2: lecionada em 17 Ago 2019 (período: 9:30-11:15; 26 alunos)**

**Objetivos:**

- Mostrar fisicamente motores brasileiros próprios para espaçomodelos: A6-0, B6-0, C6-5 e E6-0
- Mostrar fisicamente tampa, tubeira e propelente de um motor de espaçomodelo da Bandeirante
- Mostrar fisicamente motores de fogos de artifício adaptados para espaçomodelos:
- Mostrar fisicamente um sistema de ignição da Quest e 2 tipos de ignitores
- 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]
- Mostrar vídeo da queima de um motor C6-7 de espaçomodelo: <https://www.youtube.com/watch?v=xvVJQSGHts&feature=youtu.be>

- Capítulo 2. Motor-foguete de espaçomodelo [Capitulo\_2\_Motor-foguete\_de\_espacomodelo\_v4.pdf]: até a seção 2.4
- Mostrar a folha de certificação da NAR do motor Apogee A2 [Apogee\_A2.pdf]
- Mostrar a tabela completa de classes de motores [codigo\_padrao\_motores\_da\_NAR.pdf]
- Mostrar os Recordes Brasileiros de Minifoguetes [2019-04-13\_Recordes-BAR-15\_resumo.pdf]

Tarefa para quem não assistiu a primeira aula do dia 10 Ago 2019: estudar o material visto na aula 1 e pegar com o professor o plano de ensino impresso da disciplina.

Tarefa (sem valer nota) para concluir até a aula do dia 24 Ago 2019: fazer os 4 exercícios da seção 2.7 da apostila (conferir com Capitulo\_2\_Respostas-exercicios\_2017-08-17.pdf)

### **Aula 1: lecionada em 10 Ago 2019 (período: 9:35-11:30; 28 alunos)**

#### Objetivos:

- 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 fisicamente um kit comercial de espaçomodelo: VS-40
- Mostrar fisicamente um espaçomodelo montado em uma rampa de lançamento: Alpha (motor classe C; H = 159 m; campeão H150 Festival 2014)
- Mostrar fisicamente um minifoguete experimental: Netuno-R-Beta/Paraná-VIIIb (motor classe G; H = 794 m; recordista classe)
- Mostrar fisicamente um motor e tubeira de espaçomodelo: C6-5
- Mostrar fisicamente uma tubeira do motor-foguete Saturno do GFCS
- Mostrar fisicamente um motor a propelente líquido do INPE
- Mostrar fisicamente um sistema de ignição da Quest com ignitor Bandeirante e squib
- Mostrar fisicamente três tipos de altímetro de bordo: Alt15k/WD; Altimeter Two; MicroPeak.
- Apresentar o plano de ensino da disciplina [plano\_TMEC-056\_2019-2.pdf]
- 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 17 Ago 2019:

- Arquivos vistos nesta aula
- PEB\_IAE\_2013\_04\_01.PDF
- Edital sobre a forma de comunicação com os alunos [edital\_ftp\_TMEC-056\_2019-2.pdf]

**AVISO: o Lena 4 estará aberto para os alunos durante a semana; os horários estão disponíveis ao lado da porta do Lena 4 e no site da disciplina. Os monitores também poderão esclarecer dúvidas sobre essa disciplina.**