

TMEC-056 PROJETO E LANÇAMENTO DE ESPAÇOMODELOS

Aulas lecionadas em 2019/2

Atualizado em 29 Nov 2019 às 15:49 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.
- **Foguetes:** ver o *site* do grupo de foguetes da UFPR em 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.

PLANO para 7 Dez 2019

Objetivo: receber o trabalho sobre lançamento de minifoguete [Trabalho_Lancamento_2019-2.pdf]

Aula 13: PLANO para 30 Nov 2019 [última AULA]

Objetivos:

- blog Minifoguete 2016-05-06 Como obter autorizacao da Aeronautica para lancar minifoguetes.pdf
- blog Minifoguete 2016-05-31 Amplitude do controle do Exercito sobre Minifoguetes.pdf
- Mostrar fisicamente três tipos de altímetro de bordo: Perfect Flite; Altimeter Two; MicroPeak.
- Mostrar resultados experimentais de altímetros de bordo:
 - Alt15K/WD: primeiro registro de voo com altímetro a bordo do GFCS em 1º Mai 2010 [grafico_T2.pdf]
 - Altimeter Two: LAE-21_resultados.pdf
 - MAU: NRB-PR7b_mau-14_LT-2017-09-07.xlsm
 - MicroPeak: LAE-45_mP-10_LT_2014-04-11.pdf e LAE-45_mP-10_LT_2014-04-11_tabelas.pdf
 - StratoLogger: NRB-PR8-v2_sl-3_LT-2017-10-29_grafico.pdf
- Apresentar os resultados dos lançamentos de 23 Nov 2019 [Resultados_TMEC-056_LT-2019-11-23.pdf]
Dados e imagens estão disponíveis no link http://servidor.demec.ufpr.br/foguete/TRABALHO_LANCAMENTO/
- Esclarecer dúvidas sobre o trabalho de lançamento de minifoguete [Trabalho_Lancamento_2019-2.pdf]
- [Festival Brasileiro de Minifoguetes](#) [apresentacao_OBA_2018_v7.pdf]
- **Vídeo de Pablo Contreras** sobre o **V Festival Brasileiro de Minifoguetes (2018):**
YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=Zsmm4CMiPv4>

ATENÇÃO, valendo nota, até o dia 7 Dez 2019: cada equipe deverá entregar o trabalho sobre lançamento de minifoguete de acordo com o texto do arquivo Trabalho_Lancamento_2019-2.pdf

Leituras recomendadas sobre esta aula:

- [Festival Brasileiro de Minifoguetes](#) [apresentacao_OBA_2018_v7.pdf]
- blog Foguete UFPR_ Comparacao do apogeu fornecido por altímetros a bordo 2017-01-12.pdf
- Foguete UFPR_ Comparação de 3 altímetros Marchi 2014-12-29.pdf

Aula 12: lecionada em 23 Nov 2019 (período: 9:00-10:40; 27 alunos)

Local: campo de futebol número 1 do CED/UFPR

Hora: 9:00

Objetivo: realizar 7 lançamentos de minifoguetes com motor Bandeirante A6-0/2013

Atenção: dependendo das condições climáticas (se estiver chovendo 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 1º Dez às 9:00 horas.

Aviso: os resultados dos lançamentos de 23 Nov 2019 deverão estar disponíveis no *site* da disciplina a partir do dia 27 Nov 2019.

AVISO: não haverá aula no dia 16 Nov 2019 devido ao recesso na UFPR.

Aula 11: lecionada em 9 Nov 2019 (período: 9:33-11:15; 27 alunos)

Objetivos:

- 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 de 2017/2 [Resultados_TMEC-056_LT-2017-11-19.pdf]
- Apresentar o trabalho sobre lançamento de minifoguete [Trabalho_Lancamento_2019-2.pdf]
- Norma de segurança da BAR para foguetemodelismo [norma-BAR_1-2019_versao_2019-08-18.pdf]
- Esclarecer dúvidas sobre o projeto de minifoguete [Trabalho_Projeto_2019-2.pdf]
- Executar parte do projeto de minifoguete durante a aula; estarão disponíveis para os alunos: balança e paquímetro.

ATENÇÃO, valendo nota, até o dia 18 Nov 2019: cada equipe deverá entregar um minifoguete montado e o relatório do projeto dele de acordo com o texto do arquivo Trabalho_Projeto_2019-2.pdf

Leituras recomendadas para fazer até a aula do dia 23 Nov 2019:

- Norma de segurança da BAR para foguetemodelismo [norma-BAR_1-2019_versao_2019-08-18.pdf]

AVISO: não haverá aula no dia 2 Nov 2019 devido ao feriado.

Aula 10: lecionada em 26 Out 2019 (período: 9:30-11:28; 28 alunos)

Avisos:

- 1) A entrega do minifoguete montado e o relatório do projeto dele de cada equipe poderá ser feita até o dia 18 Nov 2019 (2ª).
- 2) A aula prática de lançamentos de minifoguetes foi alterada para o dia 23 Nov 2019 (sábado) a partir das 9:00 h no campo de futebol 1 do CED no Centro Politécnico da UFPR.

Objetivos:

- Mostrar o efeito das empenas sobre o desempenho do minifoguete Sondinha II [Otimizacao_empenas_Sondinha_II_Marchi_et_al_1989.pdf]
- Aprender a usar o aplicativo Trajetoria 1.1 (Cd e empuxo variáveis):
 - Trajetoria_1p1_2017-2.zip
 - LAE-84_dados.pdf
 - LAE-84_relatorio-de-lancamento.pdf
 - A6-2_Bandeirante_Abr_2014_DADOS_testes_estaticos_2014.pdf
 - BT316_Curva_Empuxo_2p1_saida_B.txt
 - CD_Curva_LAE-84.png
 - CD_variavel_LAE-84.txt
 - LAE-84_estudo_2017-10-19.pdf
 - Executar Trajetoria_1p1.exe
- Aprender a determinar o **Cd efetivo** com o aplicativo Trajetoria 1.1: testar valores de Cd constante até que o apogeu obtido da simulação seja idêntico ao apogeu do voo real; o Cd obtido será o Cd efetivo. Por exemplo, o MF LAE-84 com seu motor para It máximo e $Cd = 0.75$ (valor médio do aplicativo Cd 2.1) resulta em $H = 98.5$ m; mas o apogeu real foi de 102.8 m; testando-se diversos valores de Cd, chega-se a $Cd = 0.66$ que resulta em $H = 102.6$ m (quase idêntico ao apogeu real); portanto, o Cd efetivo desse voo é 0.66, que é 12% menor do que o valor 0.75 do aplicativo Cd 2.1.
- Esclarecer dúvidas sobre o projeto de minifoguete [Trabalho_Projeto_2019-2.pdf]
- Executar parte do projeto de minifoguete durante a aula; estarão disponíveis para os alunos: balança e paquímetro.

Observações:

- Também está disponível o aplicativo Trajetoria 2.0 que tem recursos mais avançados.
- Quem tiver interesse em cálculos de trajetória com recursos ainda mais avançados, incluindo recuperação do minifoguete através de paraquedas, efeito de vento, cálculos de CP e Cd etc, na pasta Apostila existem os arquivos RockSim7_tutorial1.pdf, RockSim7_tutorial_2c.pdf, RockSim7_tutorial3.pdf e RockSim7_tutorial4.pdf sobre o uso do aplicativo RockSim7, que está disponível na pasta Aplicativos.

Aula 9: lecionada em 19 Out 2019 (período: 9:30-11:11; 29 alunos)

Objetivos:

- Cap. 5 Trajetória [Capitulo_05_Trajectoria_v2.pdf]; correção: na página 5 o diâmetro da semiesfera é $\approx 0,71$ do diâmetro do círculo
- Aprender a usar o aplicativo Trajetoria 1.0 (Cd e empuxo constantes):
 - Trajetoria_1p0.zip
 - Trajetoria_1p0_teorica.pdf (página 1 a 5)
 - Tutorial_Trajectoria_1p0.pdf (página 1 a 8)
- Esclarecer dúvidas sobre o projeto de minifoguete [Trabalho_Projeto_2019-2.pdf]

- Executar parte do projeto de minifoguete durante a aula; estarão disponíveis para os alunos: balança e paquímetro.

Tarefa (sem valer nota) para concluir até a aula do dia 26 Out 2019: fazer os exercícios 1 a 8 da página 8 do arquivo Tutorial_Trajectoria_1p0.pdf

Leitura recomendada (arquivo na pasta Apostila): Deducao_trajectoria-1D_sem-arrasto.pdf

Leitura recomendada (arquivo na pasta do aplicativo Trajetoria 1.0): Trajetoria_1p0_teorias.pdf

AVISO: todos os alunos estão convidados a participar no dia 12 de outubro da **IV Campanha de Popularização dos Minifoguetes** da UFPR. Serão feitos vários lançamentos de minifoguetes a alturas entre 30 e 100 metros no campo de futebol 1 do CED (Centro de Educação Física e Desportos) a partir das 9:00 horas.

AVISO: não haverá aula no dia 12 Out 2019 devido ao feriado.

Aula 8: lecionada em 5 Out 2019 (período: 9:30-11:17; 32 alunos)

CONVITE: todos os alunos estão convidados a participar no dia 12 de outubro da **IV Campanha de Popularização dos Minifoguetes** da UFPR. Serão feitos vários lançamentos de minifoguetes a alturas entre 30 e 100 metros no campo de futebol 1 do CED (Centro de Educação Física e Desportos) a partir das 9:00 horas.

Objetivos:

- Ensinar a usar o [aplicativo Cd 2.1](#) para calcular o Cd [Cd_2.1_2017-04.zip]; exemplos: Sondinha II padrão (Sondinha-II-padrao.pdf), Pluto 1 e Netuno-R-Beta/Paraná-VIIIb
- Apresentar o trabalho sobre projeto de minifoguete [Trabalho_Projeto_2019-2.pdf], entregar 1 motor Bandeirante A6-0/2013 a cada equipe e mostrar os resultados de 2017/2 e 2018/2 [Resultados_TMEC-056_LT-2017-11-19.pdf e Resultados_TMEC-056_LT-2018-11-15b]

Tarefa (sem valer nota) para concluir até a aula do dia 19 Out 2019: fazer os exercícios 4.1 a 4.3 do arquivo Exercicios_Cd-2.1_2017-2.pdf

Tarefa (**valendo nota**) para entregar até a aula do dia 9 Nov 2019: em equipe, 1 minifoguete montado e o relatório do projeto dele de acordo com o texto do arquivo Trabalho_Projeto_2019-2.pdf

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 e Dérick deverão formar uma única equipe.
- Os alunos 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 Apresentação do aplicativo Cd 2.1):

- Apresentação.pdf
- Manual tecnico.pdf
- Wind_Tunnel_Testing_for_Space_Launch_System.mp4

Aula 7: lecionada em 28 Set 2019 (período: 9:30-11:05; 26 alunos)

Objetivos:

- Cap. 4 Coeficiente de Arrasto (C_D) [Capitulo_04_Cd_v2.pdf]
- Mostrar o experimento de queda livre de um martelo e uma pena na Lua (<https://youtu.be/HqcCpwIeiu4>)
- Mostrar o experimento de queda livre de penas e bola de boliche em laboratório da NASA (<https://youtu.be/E43-CfukEgs>) com ar e vácuo
- Mostrar efeitos aerodinâmicos [Stine7_Cd-extrado_2017-09-15.pdf e 2017-06-21 10.15.21.jpeg]
- Receber o trabalho dos testes estáticos [Trabalho_Teste_Estatico_EM_2019-2.pdf]

Aula 6: lecionada em 21 Set 2019 (período: 9:30-10:53; 29 alunos)

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_Teste_Estatico_EM_2019-2.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_Teste_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_Teste_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, Dêrick 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: esta 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 [Exercicios_Capitulo_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=_xvVJOSGHts&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-VIIb (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.