

Disciplina **TMEC-173 PROJETO E TESTE DE MINIFOGUETE**  
(Curso **Foguetemodelismo básico online**)

Prof. C. H. Marchi

## **Aulas lecionadas em 2020/2-remoto**

Atualizado em 24 Nov 2020 às 16:54 h

**ATENÇÃO:** para não reprovar por frequência, cada aluno deverá entregar no prazo respectivo pelo menos 5 dos 6 trabalhos da disciplina/curso.

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/>

As **aulas** já lecionadas estão em <https://www.youtube.com/c/CarlosHenriqueMarchi/>

### **ROTEIRO para cada AULA:**

- No dia anterior ou no próprio dia de cada aula, enviarei para o e-mail de cada aluno, cadastrado no sistema SIGA da UFPR ou da inscrição no curso, este **ARQUIVO AULAS\_MF\_2020-2.PDF** atualizado com o plano da próxima aula e o registro das aulas já lecionadas, com o registro de todas as atividades de cada aula.
- Quem quiser assistir **AO VIVO** cada aula, recomendo acessar o meu canal no YouTube três a cinco minutos antes do horário de início de cada aula. Geralmente 10 minutos antes do início de cada aula já estará disponível o link do vídeo no canal do YouTube.
- Durante a aula, se tiver dúvidas, registre-as no CHAT ou mande-as para o e-mail [minifoguete@gmail.com](mailto:minifoguete@gmail.com); assim que for possível, tentarei esclarecê-las.
- Se a visualização dos arquivos das aulas via YouTube não estiver boa, você poderá acessar os mesmos arquivos abrindo-os diretamente nos links citados no roteiro de cada. O mais indicado é, antes de cada aula, você fazer download dos arquivos que serão usados em cada aula.

### **Como entrar em contato comigo:**

- Fora dos períodos de aula ou não havendo conexão de internet, você poderá entrar em contato comigo pelo e-mail [minifoguete@gmail.com](mailto:minifoguete@gmail.com).
- Havendo necessidade para uma interação online, combine por e-mail um dia e horário para conversarmos por videoconferência no Hangouts/Google.
- Todas as aulas ficarão gravadas e seus links serão registrados no plano de cada aula abaixo. Portanto, você poderá rever as aulas quando quiser ou assistir às aulas que não conseguir ver no horário semanal delas.
- Faça a sua inscrição no meu canal no YouTube no link <https://www.youtube.com/c/CarlosHenriqueMarchi/>. Depois clique no “sininho” para você receber as notificações deste canal, avisando sobre novos vídeos e aulas.

### **Breve apresentação sobre mim:**

- Fiz graduação (1990), mestrado (1992) e doutorado (2001) em engenharia mecânica na UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina) em Florianópolis.
- Sou professor da UFPR (Universidade Federal do Paraná), em Curitiba, desde 1994 no Departamento de Engenharia Mecânica (DEMEC).
- No curso de graduação em engenharia mecânica da UFPR já lecionei Mecânica dos Fluidos, Transferência de Calor, Programação em Fortran, Minifoguetes e Dinâmica dos Fluidos Computacional (CFD).
- Leciono várias disciplinas de CFD e Fortran nas pós-graduações de engenharia mecânica e métodos numéricos em engenharia.
- Sou fogueteiro (praticante do foguetemodelismo) desde 1982 quando estava no ensino médio.
- Em 2005 criei o **Grupo de Foguetes Carl Sagan (GFCS)** na UFPR para lecionar esta disciplina sobre foguetemodelismo e fazer pesquisa experimental sobre minifoguetes.
- A disciplina sobre foguetemodelismo já foi lecionada 17 vezes; foram realizados 166 testes estáticos de motores e 141 lançamentos de minifoguetes; 292 alunos do ensino médio e superior e professores foram aprovados na disciplina.
- Em 2011 criei o **Laboratório de Atividades Espaciais (LAE)** que é a sede do GFCS.

- Em 2018 criei o **Museu dos Minifoguetes** da UFPR.

### **Sobre a atual disciplina/curso de foguetemodelismo:**

- É a primeira vez que terá 45 horas de aula em vez de 30 anteriormente.
- É a primeira vez que será ofertada de forma online.

### **Habilidades que cada aluno deverá ter ao final da disciplina/curso de foguetemodelismo:**

- Entender a classificação dos motores de minifoguetes
- Calcular o impulso total e outros parâmetros dos motores de minifoguetes
- Calcular o centro de gravidade, centro de pressão e margem estática de minifoguete, prevendo a sua estabilidade
- Prever o coeficiente de arrasto de minifoguetes
- Estimar a trajetória de minifoguetes
- Com base em dados de solo, estimar o apogeu de minifoguetes
- Conhecer regras de segurança e legislação básica sobre minifoguetes
- Entender os efeitos da classe do motor, coeficiente de arrasto e massa do minifoguete sobre a sua trajetória
- Saber projetar um minifoguete e prever a sua trajetória

### **Aula 6: PLANO para 24 Nov 2020 (terça-feira) às 18:00 horas**

#### **Dúvidas da 5ª aula não respondidas:**

- Neste mesmo Canal (Warped Perception) tem testes de queima no vácuo e também submerso na água. Sim, vejam em Vácuo (5:28): [https://www.youtube.com/watch?v=GxBRQXxBRic&ab\\_channel=WarpedPerception](https://www.youtube.com/watch?v=GxBRQXxBRic&ab_channel=WarpedPerception) Água (8:05): [https://www.youtube.com/watch?v=czwBWB5u6Hg&ab\\_channel=WarpedPerception](https://www.youtube.com/watch?v=czwBWB5u6Hg&ab_channel=WarpedPerception)
- Qual a capacidade dessa célula de carga da bancada de vocês? Temos várias células de carga, desde 20 a 5000 N.
- Sou do ensino médio e estou acostumado a usar  $G=10$ ; posso usar assim no cálculo de Imp. específico médio? Não. O correto é usar  $G=9,80665 \text{ m/s}^2$ .
- O valor da aceleração gravitacional,  $g$ , varia com a altitude. Sim mas para a maioria dos minifoguetes, o efeito da variação do  $G$  é muito pequeno sobre a trajetória.
- Tem como medir  $G$  no local do lançamento? Sim. Há equipamentos que medem o  $G$  com 8 ou 9 algarismos.
- Tem como calcular o valor de  $g$  em função da latitude e altitude. Tem uma equação pra isso. Sim, mas são modelos aproximados, ou seja, não é o  $G$  real se for medido; há erro.
- Qual o nome do app q faz cálculo de trajetória? Do curso: Trajetoria 1.0 e 1.1.
- Eu gostaria de saber se é necessário transformar o  $I_t$ ,  $t_q$ , e  $M_p$  dos motores foguete para a mesma unidade de medida para que possa calcular o Emed,  $c$ ,  $I_s$  e  $f_m$ ? Se preciso, como que posso fazer para transformar unidades de medida de massa em unidades de medida de tempo? Adotando-se as unidades SI da seção 2.4 da apostila, não é necessário transformar unidades.
- Não entendi a funcionalidade da carga temporizadora. Ela é usada para ejetar o paraquedas próximo ao apogeu do minifoguete.
- Dúvidas sobre os 4 exercícios da seção 2.7 da apostila? Conferir os resultados com o arquivo [Capitulo-2 Respostas dos exercicios 2020-01-14.pdf](#).

#### **Objetivos:**

- Apresentar parte do **Capítulo 2. Motor para foguetemodelo**  
Arquivo [Capitulo-2 Motor-para-foguetemodelo v5.pdf](#) [revisão e página 19]:  
2.5 Propelentes de minifoguetes
- Comentar o arquivo [Stine-6 p-78-9 2017-08-18.pdf](#)
- Ensinar a usar o programa computacional Curva\_Empuxo\_1p2.
  - Para isso, fazer download do arquivo **Curva\_Empuxo\_1p2\_para\_disciplina\_EM\_2014\_2.zip** que está disponível no link [http://ftp.demec.ufpr.br/foguete/Aplicativos/Curva\\_Empuxo\\_1p2\\_para\\_disciplina\\_EM\\_2014\\_2/](http://ftp.demec.ufpr.br/foguete/Aplicativos/Curva_Empuxo_1p2_para_disciplina_EM_2014_2/)
  - Depois, descompactar e executar o aplicativo **Curva\_Empuxo\_1p2.exe** seguindo o tutorial do arquivo [Tutorial\\_Curva\\_Empuxo\\_1p2\\_em\\_2014-08-20.pdf](#)
  - Fazer os 3 exercícios do tutorial

#### **Atividades recomendadas para cada aluno fazer até o dia 27 Nov 2020 (não valem nota; não precisa enviar ao professor):**

- Estudar o conteúdo do [Capitulo-2 Motor-para-foguetemodelo v5.pdf](#) visto nessa aula.
- 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.
- Ler o arquivo [2015\\_Moro\\_Banco\\_Estatico\\_Caseiro\\_v1\\_em\\_2015-10-20.pdf](#)

#### **Atualmente**

- Há 22 alunos do curso de graduação em engenharia mecânica da UFPR.
- Há 773 alunos da comunidade dos níveis de ensino fundamental, médio, superior e pós-graduação. São de todos os 26 estados brasileiros, mais o Distrito Federal e 4 países externos (Portugal, Espanha, França e Austrália).

### **Aula 5: lecionada em 17 Nov 2020 (18:00-19:25; máximo de 48 alunos simultâneos)**

Roteiro [a aula com duração de 1h25m está disponível no link: <https://youtu.be/S64RKh4zVlc>]

#### **Dúvidas da 4ª aula não respondidas:**

- 1) Pode retirar a pólvora da bomba e utilizar o temporizador para acionar paraquedas! Sim
- 2) A altitude do local de lançamento tem relação com a altura alcançada pelo foguete? Sim
- 3) Isso tudo é propelente sólido não é? Propelente líquido não é usado em competições? Sim e sim.
- 4) O skib pode ser reutilizado em outros motores? Sim, geralmente. O squib é descartável.
- 5) A escolha do altímetro não afeta o registro de recordes? Afeta um pouco.
- 6) Eu quis dizer para comparar os recordes de grupos diferentes. Não tem um erro para cada altímetro, que na hora de comparar gera dúvida? Geralmente não se leva o erro de altímetro em consideração. Usa-se o valor lido.
- 7) Em todos os lançamentos, calcula-se o rho e o Reynolds ou não necessariamente? No cálculo do Cd e Fd, sim.
- 8) Estou com uma altitude de 560m, perco muito em relação aos lançamentos ao nível do mar? Não, você ganha, um pouco.
- 9) Quanta pressão máxima aproximadamente há entre a tubeira e a câmara de combustão? E como é instalada a tubeira para que não seja ejetada? Em alguns motores para foguetemodelos que já calculei e li isso, a pressão máxima é aproximadamente 10 atmosferas. A tubeira é instalada com injetora sob pressão, como rolhas em garrafas.
- 10) Os foguetes e minifoguetes usam perfis aeronáuticos? Podem usar mas para reduzir o arrasto e não para sustentação.
- 11) Faz diferença fazer o teste estático com o motor na posição vertical ou horizontal? Sim, pequena.
- 12) A carga ejetora é calculada pela mistura ou pela quantidade? Geralmente pelos dois.
- 13) Motor construído com tubo de PVC e tubeira de massa epóxi fica bom, razoável ou muito ruim? Pode ficar bom, depende dos detalhes.
- 14) Minifoguetes e mísseis são basicamente iguais? O motor sim, o objetivo, não.
- 15) Em porcentagem, o motor deve ter quanto de força a mais que a massa total do foguete? 50% é o suficiente? O recomendado é que o empuxo médio seja maior do que 3 vezes o peso do minifoguete.
- 16) O grão-propelente é a carga propulsora? Sim
- 17) O modelo Estrela seria o melhor custo benefício? O estrela é usado para ter força de empuxo mais constante e maior empuxo.
- 18) Qual é o termo que devo usar para pedir o motor do foguete de baixo custo na loja de fogos? Foguete de vara.

### Objetivos:

- Apresentar parte do **Capítulo 2. Motor para foguetemodelo**  
Arquivo [Capitulo-2 Motor-para-foguetemodelo v5.pdf](#) [revisão e páginas 13-vídeo a 20]:  
2.3 Curva de empuxo  
2.4 Parâmetros da curva de empuxo

- Mostrar a folha de certificação da NAR do motor Apogee A2 [[Apogee A2.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 foguetemodelos de diversos tipos.

**Atividades recomendadas para cada aluno fazer até o dia 20 Nov 2020 (não valem nota; não precisa enviar ao professor):**

- Estudar o conteúdo do [Capitulo-2 Motor-para-foguetemodelo v5.pdf](#) visto nessa aula.
- Fazer os 4 exercícios da seção 2.7 da apostila (conferir os resultados com o arquivo [Capitulo-2 Respostas dos exercicios 2020-01-14.pdf](#))
- Ver parâmetros variáveis da curva de empuxo do motor MLB-3 na pasta [Exemplo\\_Curva-Empuxo-3.1](#) da Apostila

### Avisos:

- Quem quiser apenas assistir às aulas sem entregar/fazer os trabalhos, não tem problema. Apenas, não receberá ao final do curso o certificado de aproveitamento.
- Quem não recebeu nenhum e-mail meu, até o momento, deve ter cadastrado seu e-mail incorretamente quando fez a inscrição. Neste caso, recomendo enviar um e-mail para [minifoguete@gmail.com](mailto:minifoguete@gmail.com) informando que não recebeu meus e-mails.

### Atualmente

- Há 22 alunos do curso de graduação em engenharia mecânica da UFPR.
- Há 766 alunos da comunidade dos níveis de ensino fundamental, médio, superior e pós-graduação. São de todos os 26 estados brasileiros, mais o Distrito Federal e 4 países externos (Portugal, Espanha, França e Austrália).

### **Aula 4: lecionada em 14 Nov 2020 (9:30-11:35; máximo de 53 alunos simultâneos)**

**Roteiro [a aula com duração de 2h5m está disponível no link: <https://youtu.be/A7dT08tTwRo>]**

- Apresentar parte do **Capítulo 2. Motor para foguetemodelo**  
Arquivo [Capitulo-2 Motor-para-foguetemodelo v5.pdf](#) [seções 2.1 a 2.3 até a figura 10]:  
2.1 Componentes do motor-foguete  
2.2 Classificação dos motores  
2.3 Curva de empuxo
- Mostrar a tabela completa de classes de motores [[NAR\\_tabela\\_classes\\_2020-11-12.pdf](#)]
- Mostrar motores brasileiros próprios para foguetemodelos: A6-0, B6-0, C6-5 e E6-0 da Bandeirante.
- Mostrar motores dos Estados Unidos próprios para foguetemodelos: A8-3 da Estes e D21-7 da Aerotech.
- Mostrar tampa, tubeira e propelente de um motor da Bandeirante para foguetemodelo.
- Mostrar motores de fogos de artifício adaptados para foguetemodelos.
- Mostrar um sistema de ignição da Quest.
- Mostrar 4 tipos de ignitores da Bandeirante, Estes, squib e Aerotech.
- Mostrar vídeos de motores para foguetemodelos em funcionamento:
  - A6-0/Bandeirante (BT-128): <https://youtu.be/4rIonqaYByQ>
  - B6-0/Bandeirante (BT-129): <https://youtu.be/CCpI6sPo1ZA>

- C6-0/Bandeirante (BT-130): [https://youtu.be/X7\\_pm8bshzA](https://youtu.be/X7_pm8bshzA)
- C6-5/Bandeirante (BT-123): <https://youtu.be/moIcL-WbU0s>
- E6-0/Bandeirante (MLB-3): <https://youtu.be/Guw3b4hjtI>

#### Links recomendados:

- Astronáutica: Canal Homem do Espaço em [https://www.youtube.com/channel/UChj94\\_poS4qFchVssuqbBmg](https://www.youtube.com/channel/UChj94_poS4qFchVssuqbBmg)
- Astronomia, Ciência e Filosofia: Canal do Schwarza (Poligonautas) em <https://www.youtube.com/user/poligonautas>
- Ciência e Tecnologia: Canal Manual do Mundo em <https://www.youtube.com/user/iberethenorio>
- Ciência: Canal Ciência Todo Dia em <https://www.youtube.com/c/CienciaTodoDia/featured>

#### Atividades recomendadas para cada aluno fazer até o dia 17 Nov 2020 (não valem nota; não precisa enviar ao professor):

- Estudar o conteúdo do [Capítulo-2 Motor-para-foguetemodelo v5.pdf](#) visto nessa aula.
- Ler calmamente e com toda a sua atenção este arquivo que poderá esclarecer suas dúvidas.

**AVISO:** ainda não foi passado nenhum trabalho valendo nota. O primeiro deverá ser apresentado na aula do dia 21 Nov 2020.

#### Atualmente

- Há 22 alunos do curso de graduação em engenharia mecânica da UFPR.
- Há 749 alunos da comunidade dos níveis de ensino fundamental, médio, superior e pós-graduação. São de todos os 26 estados brasileiros, mais o Distrito Federal e 4 países externos (Portugal, Espanha, França e Austrália).

### **Aula 3: lecionada em 10 Nov 2020 (18:00-19:48; máximo de 75 alunos simultâneos)**

**Roteiro [a aula com duração de 1h48m está disponível no link: <https://youtu.be/Y4aG-MvUj54>]**

- Esclarecer dúvidas sobre o curso da 2ª aula:
  - 1) Não há lista de presença nas aulas pois a frequência será concedida a cada trabalho entregue no prazo; abrir o Plano de Ensino e explicá-lo.
  - 2) Quem não conseguir ver as aulas AO VIVO poderá assisti-las quando for possível pois as aulas ficam gravadas.
  - 3) Recomendando fazer inscrição no meu Canal no YouTube em <https://www.youtube.com/c/CarlosHenriqueMarchi/> para receber notificações sobre novos vídeos de aulas etc.
  - 4) As aulas ficarão no YouTube enquanto esta empresa permitir.
  - 5) Os vídeos do curso e material didático podem ser divulgados e usados livremente; no caso do material didático, só peço que cite a fonte. Podem imprimir os arquivos da apostila. Eles são arquivos PDF, em geral. Basta fazer download.
  - 6) O aluno que não recebeu nenhum e-mail meu, até o momento, deve ter cadastrado seu e-mail incorretamente quando fez a inscrição. Neste caso, recomendo enviar um e-mail para [minifoguete@gmail.com](mailto:minifoguete@gmail.com) informando que não recebeu meus e-mails.
  - 7) A cada aula eu passo algumas atividades recomendadas que devem ser feitas para melhor entendimento e fixação do conteúdo do curso. Mas não é necessário enviar-me nada sobre elas. Estas atividades não valem nota. Caso tenha dúvidas sobre a execução das atividades, entre em contato comigo.
  - 8) Sobre o minifoguete de baixo custo: é bom colocar um disco de papelão entre o fim do motor e os canudos, para isolar estes da chama do motor.
  - 9) As vídeo-aulas são através do YouTube.
- 10) **Ainda não foi passado nenhum trabalho valendo nota. O primeiro deverá ser apresentado na próxima semana. Quando eu passar algum trabalho valendo nota, deixarei isso bem claro e avisarei o prazo de entrega que será geralmente de uma ou duas semanas. Exemplificar com o trabalho TE 2020/0.**
- 11) Quando os foguetes chegam no espaço a força deles não é a mesma de quando estavam na atmosfera; esta força é reduzida para qual porcentagem neste ambiente? Isso vai depender da massa de cada foguete e da sua carga útil. Mesmo na atmosfera, a força é variável, por exemplo, ao se mudar de estágios do foguete.
- 12) **Não haverá provas.**
- 13) **Mostrar e comentar parte do vídeo sobre foguetes transparentes, com 9:12 minutos, no seguinte link: [https://www.youtube.com/watch?v=su9EVeHqizY&feature=share&fbclid=IwAR3908F7978SXLgmdkOaTHY\\_mnWcJpbjy\\_sLntjTQr5Wbe9VImDoMhbLMub8](https://www.youtube.com/watch?v=su9EVeHqizY&feature=share&fbclid=IwAR3908F7978SXLgmdkOaTHY_mnWcJpbjy_sLntjTQr5Wbe9VImDoMhbLMub8); o objetivo é mostrar os tanques e área de queima do propelente; é ilustrativo.**
- 14) **Eu não enviarei mais e-mails para passar links dos vídeos das aulas. Devido a isso, peço que cada aluno se inscreva no meu canal e o acesse 5 minutos antes de cada aula se quiser vê-las AO VIVO.**
- 15) Continuarei a enviar e-mails para atualizar o plano de cada aula através do arquivo AULAS. Nele estão todos os links necessários para acessar o material didático de todas as aulas e os links dos vídeos de cada aula já lecionada.
- 16) O conhecimento para executar cada trabalho será apresentado anteriormente em aulas do curso.
- 17) Motor-foguete a gás frio não é usado em foguetes como propulsor principal; em geral, eles são usados em satélites, sondas e naves para controle de atitude e pequenas manobras.
- 18) Por períodos breves, pode ocorrer dos links do arquivo AULAS serem interrompidos por algum motivo, já que dependem da internet. Dias atrás a UFPR sofreu ataque cibernético, o que pode ter afetado os links naqueles dias. Se problemas de acesso durarem mais de um dia, avisem-me, indicando os links com problemas, que verificarei.
- 19) Agradeço a todos por mensagens e comentários de apoio ao curso.
- 20) **Esse curso de foguetemodelismo básico é focado em foguetemodelos, ou seja, em minifoguetes com motores comerciais. Este curso NÃO ensinará como preparar propelentes nem como projetar motores-foguete. Porém, quase toda teoria que será vista também serve para minifoguetes experimentais. Estes serão tema do próximo curso que deverá ocorrer no segundo semestre de 2021, gratuito e da mesma forma que o atual.**
- 21) Existem várias unidades de força. No capítulo 2 e outros, usaremos o Sistema Internacional de unidades (SI) que representa força em newtons (N).

- 22) Explicar sobre o efeito no empuxo da diferença de pressão na saída da tubeira e ambiente.
- 23) As turbinas que acionam as turbobombas podem usar o próprio combustível e oxidante dos motores principais em um motor menor. A V-2, por exemplo, usava um gerador de gás a partir de água oxigenada e outros componentes; o propelente do motor principal era oxigênio e álcool líquidos.
- 24) Um motor-foguete a propelente líquido é mais complexo que um sólido, portanto, tem mais chances de problemas e explosão.
- 25) Sim, impulso é o produto da força vezes tempo. Detalhes sobre isso veremos no capítulo 2.
- 26) Comentar sobre a função da tubeira e efeito na aerodinâmica do foguete. Exemplo: o motor-foguete a propelente sólido Júpiter do GFCS/UFPR sem tubeira produz força média de empuxo de 14,8 N; e com tubeira, pode chegar a 183,2 N, ou seja, 12,4 vezes o empuxo sem tubeira, com o mesmo motor e mesma quantidade de propelente.
- 27) Já foram desenvolvidos e testados motores-foguete a energia nuclear. Mas acredito que eles estejam banidos por motivo de segurança e tratados internacionais, assim como testes nucleares na atmosfera.
- 28) A força de empuxo do grego Arquimedes (Séc. III AC) refere-se à força de flutuação dos corpos, que explica porque um navio flutua. Já o empuxo do motor-foguete é explicado pela 3ª lei de Newton e calculado através da 2ª lei de Newton, do Século XVII. Existe ainda o empuxo da convecção natural, que é mais recente.
- 29) **Não é necessário ter autorização do CINDACTA/Aeronáutica para lançar minifoguete se o apogeu estimado for inferior a 150 metros em área rural ou a 300 metros em área urbana. Veremos detalhes sobre isso no item 14 do programa do curso.**
- 30) Muitos motores-foguete comerciais para minifoguetes são feitos de tubo de papelão, que resistem bem. Veremos sobre isso no Capítulo 2. Motores não comerciais são feitos também de PVC. O GFCS/UFPR já fez diversos motores com tubo de acrílico.
- 31) Foguetemodelismo é um termo amplo que envolve tanto foguetemodelos (que têm restrições) quanto minifoguetes experimentais (sem restrições).
- 32) Podem ser usados materiais cerâmicos.
- 33) Os altímetros menores custam US\$ 35. O computador de bordo StratoLogger custa US\$ 70.
- 34) O kit comercial de um minifoguete da Bandeirante custa a partir de R\$ 30. Mas veja no roteiro da aula 1, abaixo, que um minifoguete de baixo custo pode ser feito com R\$ 2.
- 35) Quem for aprovado no curso, receberá certificado de aproveitamento com duração de 45 horas.
  - Esclarecer dúvidas sobre o curso/disciplina da 3ª aula

### Atualmente

- Há 22 alunos do curso de graduação em engenharia mecânica da UFPR.
- Há 736 alunos da comunidade dos níveis de ensino fundamental, médio, superior e pós-graduação. São de todos os 26 estados brasileiros, mais o Distrito Federal e 4 países externos (Portugal, Espanha, França e Austrália). Todos estes alunos, se aprovados, receberão um certificado do GFCS/UFPR.

### Atividades recomendadas para cada aluno fazer até o dia 13 Nov 2020 (não valem nota; não precisa enviar ao professor):

- Caso ainda não tenha feito isso, leia o plano de ensino da disciplina [[plano\\_FM\\_2020-2.pdf](#)]
- Caso ainda não tenha feito isso, leia o arquivo [Aulas\\_MF\\_2020-2.pdf](#)
- Caso ainda não tenha feito isso, leia e estude o [Capitulo-1 Foguetes e Minifoguetes v3b.pdf](#).
- Caso ainda não tenha feito isso, veja a Aula-1 no link dela, abaixo.
- Caso ainda não tenha feito isso, veja a Aula-2 no link dela, abaixo.

### **Aula 2: lecionada em 7 Nov 2020 (9:32-11:31; máximo de 76 alunos simultâneos)**

#### Roteiro [a aula com duração de 1h59m está disponível no link: <https://youtu.be/pHTms5ILBzc>]

- Esclarecer dúvidas sobre o curso/disciplina da 1ª aula:
  - Não há lista de presença nas aulas pois a frequência será concedida a cada trabalho entregue no prazo.
  - Quem não conseguir ver as aulas AO VIVO poderá assisti-las quando for possível pois as aulas ficam gravadas.
  - Recomendo fazer inscrição no meu Canal no YouTube em <https://www.youtube.com/c/CarlosHenriqueMarchi/> para receber notificações sobre novos vídeos de aulas etc.
  - As aulas ficarão no YouTube enquanto esta empresa permitir.
  - Os vídeos do curso e material didático podem ser divulgados e usados livremente; no caso do material didático, só peço que citem a fonte.
- Apresentar a introdução à disciplina: **Capítulo 1. Foguetes e Minifoguetes**  
Arquivo [Capitulo-1 Foguetes e Minifoguetes v3b.pdf](#); seções:
  - 1.1 Alguns tipos de motores-foguete operacionais
  - 1.2 Motor-foguete a propelente sólido
  - 1.3 Motor-foguete a propelente líquido
  - 1.4 Cálculo do empuxo de um motor-foguete
  - 1.5 Minifoguetes
  - 1.6 Minifoguetes x foguetes
- Esclarecer dúvidas sobre o curso/disciplina da 2ª aula

### Atualmente

- Há 22 alunos do curso de graduação em engenharia mecânica da UFPR.

- Há 306 alunos da comunidade dos níveis de ensino fundamental (9%), médio (24%), superior (36%) e pós-graduação (31%). São de 24 estados brasileiros, mais o Distrito Federal e 4 países externos (Portugal, Espanha, França e Austrália). Todos estes alunos, se aprovados, receberão um certificado do GFCS/UFPR.

Atividades recomendadas para cada aluno fazer até o dia 10 Nov 2020 (não valem nota; não precisa enviar ao professor):

- Ler o conteúdo da apostila apresentado nesta aula.
- Pesquisar e ver dados de pelo menos 3 foguetes a propelente sólido que sejam diferentes dos citados na apostila.
- Pesquisar e ver dados de pelo menos 3 foguetes a propelente líquido que sejam diferentes dos citados na apostila.
- Ler o arquivo [PEB IAE 2013 04 01.PDF](#)

### Aula 1: lecionada em 3 Nov 2020 (17:55-19:01; máximo de 85 alunos simultâneos)

Roteiro [a aula com duração de 1h6m está disponível no link: <https://youtu.be/ZH5iQ4fKaiU>]

- Apresentar o plano de ensino da disciplina [[plano FM 2020-2.pdf](#)]
- Apresentar o arquivo [Aulas MF 2020-2.pdf](#)

### Atualmente

- Há 20 alunos do curso de graduação em engenharia mecânica da UFPR.
- Há 124 alunos da comunidade dos níveis de ensino fundamental, médio, superior e pós-graduação. São de 16 estados brasileiros, mais o Distrito Federal e 4 países externos (Portugal, Espanha, França e Austrália). Todos estes alunos, se aprovados, receberão um certificado do GFCS/UFPR.

Atividades recomendadas para cada aluno fazer até o dia 6 Nov 2020 (não valem nota; não precisa enviar ao professor):

- Ler os dois arquivos apresentados nesta aula.
- Ler a postagem sobre minifoguete de baixo custo (menos R\$ 2) no seguinte link: <http://foguetefpr.blogspot.com/2019/12/minifoguete-de-baixo-custo-do-lae.html>
- Ver o vídeo de 58:04 minutos sobre minifoguetes (**It's Rocket Science! with Professor Chris Bishop**) no seguinte link: <https://www.youtube.com/watch?v=HESOat2iPzU&t=1652s>
- Ver o vídeo sobre foguetes transparentes, com 9:12 minutos, no seguinte link: [https://www.youtube.com/watch?v=su9EVeHqizY&feature=share&fbclid=IwAR3908F7978SXLgmdkOaTHY\\_mnWcJpbjysLntjTQr5Wbe9VImDoMhbLMub8](https://www.youtube.com/watch?v=su9EVeHqizY&feature=share&fbclid=IwAR3908F7978SXLgmdkOaTHY_mnWcJpbjysLntjTQr5Wbe9VImDoMhbLMub8)