

EME-713 DESENVOLVIMENTO DE UM MOTOR-FOGUETE EXPERIMENTAL

AULAS LECIONADAS EM 2014/3

Atualizado em 5 Fev 2015 às 22:46 h

As notas de aula digitais específicas desta disciplina estão em ftp://ftp.demec.ufpr.br/foguete/curso_pos_2014-3/

As notas de aula da disciplina anterior, que servirão de base, estão em ftp://ftp.demec.ufpr.br/foguete/curso_pos_2013-3/

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
- Foguetes: ver o site do grupo de foguetes da UFPR em www.foguete.ufpr.br e o blog <http://fogueteufpr.blogspot.com.br/>
- Orientação do prof. Marchi para trabalho de Iniciação Científica, Trabalho de Fim de Curso, Mestrado e Doutorado: ver o arquivo temas_para_orientacao_prof_Marchi_setembro_2013.pdf no site da disciplina

Em aulas futuras

- Discutir os resultados de todos os testes do MTP com grão cilíndrico de KNSu com base em novo procedimento padrão de análise.
- Discutir sobre a realização de novos testes de propelente (tablete) com o KNSu e formulações diferentes ou diretamente no MTP.
- Discutir/definir novos testes com motores AO e AA.
- Diego: apresentar reanálises do motor Netuno-R com o aplicativo Força_Empuxo considerando o efeito do condensado e sem.

Tarefas a serem passadas para a turma executar:

- Izabel: aplicar um procedimento padrão de análise a todos os TESTES DE RESISTÊNCIA já feitos com o MTP e fazer relatório.
- Izabel: aplicar um procedimento padrão de análise a todos os TESTES ESTÁTICOS já feitos com o MTP e fazer relatório.
- Diego: reanalisar o motor Netuno-R com o aplicativo Força_Empuxo considerando o efeito do condensado com o novo procedimento padrão de análise.

Aula 22: PLANO (confirmado) para 6 Fev 2015

- Apresentar e discutir os resultados dos testes estáticos do motor TA(15mm) de 16 e 23 Jan 2015.
- Definir novos testes estáticos com motores TA(15mm) e cronograma.
- Definir novos testes estáticos com motores MTP-cilíndrico e cronograma.
- Discutir o projeto MTP-tubular.

Tarefa para a turma executar:

- Fazer um relatório sobre os testes de resistência dos motores MTPs 11, 10, 9, 7 e 6 realizados em 1 Fev 2015, principalmente sobre o tempo de queima, resíduo e pressão de combustão.
- Fabricar novos motores TA(15mm) para serem testados em 13 Fev 2015.
- Projetar uma nova bancada para testes estáticos de motores pequenos, tipo Bandeirante e TA(15mm).
- Projetar uma nova bancada para testes estáticos de motores grandes, tipo MTP.
- Concluir o projeto do MTP-tubular.

Aula 21: lecionada em 1 Fev 2015

- Realizar os testes de resistência dos motores MTPs 11, 10, 9, 7, 6 e 5.

Aula 20: lecionada em 30 Jan 2015

- Com a metodologia adotada nos TEs de 6 Dez 2014, preparar KNSu e carregar os MTPs 11, 10, 9, 7, 6 e 5; eles serão testados no NITA/Pinhais, em 1 Fev 2015 (domingo à tarde). Fazer relatório sobre o preparo do KNSu e seu carregamento nos MTPs.

Aula 19: lecionada em 23 Jan 2015

- Discutir o pré-projeto de motores para grão tubular de KNSu e definir o nome do novo motor.
- Realizar testes estáticos com motores TA(15mm)

Tarefa para a turma executar:

- Até o dia 30 Jan 2015: com a metodologia adotada nos TEs de 6 Dez 2014, preparar KNSu e carregar os MTPs 11, 10, 9, 7, 6 e 5; eles serão testados no NITA/Pinhais, em 1 Fev 2015 (domingo à tarde). Fazer relatório sobre o preparo do KNSu e seu carregamento nos MTPs.
- Até o dia 30 Jan 2015: fazer o projeto dos novos motores para grão tubular de KNSu.
- Até o dia 30 Jan 2015: fazer relatório padrão de teste estático de cada tamanho de garganta de tubeira usada nos TEs de 23 Jan 2015 dos motores TA(15mm), que funcionaram.
- Ler o arquivo relatorio_pressao_diamante_mach_2015-01-19.pdf

Aula 18: lecionada em 16 Jan 2015

- Discutir o pré-projeto de motores para grão tubular de KNSu e nome para o novo motor.
- Realizar testes estáticos com motores TA(15mm)

Tarefa para a turma executar:

- Combinar datas e horários para preparar KNSu e carregar os MTPs a serem testados em 1 Fev 2015. Fazer relatório sobre o preparo do KNSu e seu carregamento nos MTPs.
- Até a aula do dia 30 Jan 2015: fazer o projeto dos novos motores para grão tubular de KNSu.

Aula 17: lecionada em 9 Jan 2015

- Apresentar e discutir os resultados dos testes estáticos do motor TA(15mm) de 19 Dez 2014
- Definir novos testes estáticos com motores TA(15mm) [ver tarefa]
- Discutir plano para novos testes do MTP: com a metodologia adotada nos TEs de 6 Dez 2014; no NITA/Pinhais, em 1 Fev 2015 (domingo à tarde); fazer TR horizontais com os MTPs 7, 6 e 5; e fazer 3 TR verticais com 2 ou 3 MTPs a serem definidos.
- Discutir/definir alterações sobre o MTP para testar grão tubular de KNSu ou um novo projeto
- Discutir o tipo de análise que o Nicholas adotou sobre o MTP com condensado.

Tarefa para a turma executar até a aula do dia 16 Jan 15:

- Fabricar 4 motores TA(15mm) com 3,80 g de KNSu, tampa e tubeira com 10 mm de comprimento de durepoxi, colocar uma placa entre o grão-propelente e a tampa do motor para não ficar um pedaço do grão com geometria cilíndrica, 3,0 mm de diâmetro na garganta da tubeira, grão-propelente com alma de 5 mm de diâmetro, preencher a alma com pólvora negra antes de colocar a tubeira. Registrar os dados geométricos e de massa de todos os componentes dos motores.
- Repetir o item acima para tubeira com 2,5 mm de diâmetro na garganta.
- Repetir o item acima para tubeira com 2,0 mm de diâmetro na garganta.
- Fazer pré-projeto de motores para grão tubular de KNSu e definir um nome para o novo motor.
- Nicholas: explicar à Izabel o tipo de análise que empregou para fazer o seu relatório de 18 Dez 2014 sobre o MTP-8 envolvendo condensado.
- Izabel: fazer um relatório explicando o tipo de análise do Nicholas.

Tarefas sem prazo determinado:

- Diego: aprimorar o aplicativo Modelo_TA para considerar: r variável com po, conservar a massa, e tubeira sem divergente. Apresentar um relatório com os modelos matemático e numérico da nova versão do aplicativo.
- Para a turma executar após receber os manômetros: providenciar orçamento para a calibração deles.
- Diego, Nicholas e Izabel, junto com o professor, definir um procedimento padrão de análise de testes de resistência do MTP, e outro para testes estáticos.

Aula 16: lecionada em 19 Dez 2014

- Realizar testes estáticos com motores TA(15mm).

Aula 15: lecionada em 16 Dez 2014

- Fabricar 10 motores TA(15mm) com 3,80 g de KNSu, tampa e tubeira com 10 mm de comprimento de durepoxi, 3,3 mm de garganta e grão-propelente com alma de 5 mm de diâmetro. Registrar dados dos motores.

Aula 14: lecionada em 12 Dez 2014

- Apresentar uma revisão dos testes de estopim de 21 Nov 2014.
- Analisar os resultados dos testes estáticos do MTP com grão cilíndrico de 6 Dez 2014, e propostas de alterações e novos testes (quais e quando); por exemplo, fazer TR com os MTPs 7, 6 e 5 no NITA
- Diego: apresentar análises do motor TA(15mm) com o aplicativo Empuxo_1.2.1
- Definir novos testes estáticos de tubos de acrílico TA(15mm) com o propelente KNSu e grão tubular

Tarefa para a turma executar até o dia 19 Dez 14:

- Fabricar 10 motores TA(15mm) com 3,80 g de KNSu e 3,3 mm de garganta. Registrar dados dos motores. Estes motores deverão ser testados no dia 19 Dez 14 durante o horário da aula.
- Cada aluno deverá fazer uma nova versão do seu relatório sobre o TE 6 Dez 2014 do MTP considerando:
 - Comparar os resultados com os testes estáticos de 28 Set 14 e 19 Out 14, aplicando a estes testes o mesmo tipo de análise atual que desconsidera os resíduos em po etc.
 - Comparar os resultados com os testes de resistência de 27 Jul 14 e 8 Set 14, aplicando a estes testes o mesmo tipo de análise atual que desconsidera os resíduos em po etc.
 - Calcular a velocidade de queima do propelente de um mesmo motor em todos os testes já feitos com ele.
 - Comparar a pressão ambiente com a pressão de combustão teórica em cada teste
 - Gráfico, tabela e análise sobre a força de empuxo gerada pela queima da pólvora de ignição em todos os testes já feitos
 - Não é necessário incluir no relatório o procedimento de preparo e carregamento do KNSu. O estilo de relatório recomendado é o apresentado pelo Diego, mas com os itens acima.

Aula 13: lecionada em 6 Dez 2014

- Realizar os testes estáticos dos motores MTP 13 a 8.

Aula 12: lecionada em 5 Dez 2014

- Preparar KNSu para usar nos motores MTP 10 a 8.
- Carregar os motores MTP 10 a 8 usando o novo procedimento padrão, com KNSu, grão cilíndrico,

Aula 11: lecionada em 2 Dez 2014

- Preparar KNSu para usar nos motores MTP 13 a 11; fazer fotos e vídeos.
- Carregar os motores MTP 13 a 11 usando o novo procedimento padrão, com KNSu, grão cilíndrico,

Aula 10: lecionada em 28 Nov 2014

- Reanalisar os novos resultados da previsão do empuxo de ignição do MTP em função da massa de pólvora de ignição.
- Reanalisar os resultados do aplicativo **Força_Empuxo 1.1** na previsão da pressão de combustão dos motores MTP que tem curva de empuxo já obtida.
- Apresentar resultados da verificação das células de carga de 20 e 50 N
- Apresentar resultados dos testes de umidade do nitrato de potássio, açúcar e KNSu
- Definir nova forma para ignitar os motores MTP com grão cilíndrico
- Definir o cronograma de preparo dos motores MTP 13 a 8 para TE em 6 Dez 2014 (sábado) a partir das 13:30 h.
- Discutir os resultados dos TE 21 Nov 2014 dos motores TA versus 7 Nov 2014.

Tarefa para a turma executar até o dia 5 Dez 14:

- Preparar KNSu para usar nos motores MTP 13 a 8; fazer fotos e vídeos.
- Carregar os motores MTP 13 a 8 usando o novo procedimento padrão, com KNSu, grão cilíndrico, isolado com 50 mm de esmectita na tampa, papelão hidráulico na tampa e na tubeira; fazer fotos e vídeos.
- Usar o aplicativo **Força Empuxo** para prever a pressão de combustão do motor Netuno-R, dos testes mencionados na Tabela 8 do relatório de 1990. Apresentar relatório digital.
- Modelo inicial de funcionamento dos TA (Tubo de Acrílico) de 15 mm de diâmetro externo e propostas para reduzir massa e otimizar o desempenho do motor, bem como simplificar o processo de fabricação. Apresentar relatório digital.
- Estudar o projeto mecânico do MTP [Projeto_mecanico_do_MTP_Foltran_2014-11-17.pdf]

Aula 9: lecionada em 21 Nov 2014

- Realizar os testes estáticos dos motores AO-5 e 6, TA-38, 39 e 41 a 44, K-3, cargas temporizadoras de KNSu e NaNSu, e testes de velocidade de queima de 4 tipos de estopim e durex com pólvora.

Aula 8: lecionada em 14 Nov 2014

- Analisar os resultados dos testes estáticos de 7 Nov 2014 com tubos de acrílico e grão tubular de KNSu [Relatorio_testes_2014-11-07_KNSu_grao_tubular_acrilico_Lucas_2014-11-13.pdf]
- Analisar os resultados da previsão do empuxo de ignição do MTP em função da massa de pólvora de ignição e do aplicativo **Força Empuxo 1.1** na previsão da pressão de combustão dos motores MTP que tem curva de empuxo já obtida [previsao_po_MTP_TE_28-09_e_19-10-2014.pdf]
- Definir nova data para os testes estáticos dos motores MTP 13 a 8; proposta: 7 Dez 2014 (domingo)
- Objetivo adicional da disciplina: modelar e otimizar os motores TA (Tubo de Acrílico), que atualmente estão funcionais com 15 mm de diâmetro externo para as classes ½A e A. Mostrar a curva It x Mp de 11 Nov 2014 [Tabela_dos_motores_TA_e_K.pdf].
- Assistir à montagem de um motor TA classe A

Tarefa para a turma executar até o dia 21 Nov 14 e apresentar na aula:

- Rever o aplicativo **Força Empuxo 1.1** para prever a pressão de combustão dos motores MTP que tem curva de empuxo já obtida. Apresentar um relatório.
- Rever o aplicativo **Deducao polvora MTP** para prever qual a massa de pólvora teórica que corresponde ao empuxo de ignição observado nos motores MTP, que tem curva de empuxo já obtida, bem como a pressão na câmara do MTP gerada pela pólvora de ignição. Apresentar um relatório.

Tarefa para cada aluno executar até o dia 21 Nov 14:

- Estudar os documentos sobre os motores TA (Tubo de Acrílico) de 15 mm que estão na pasta TODOS no servidor CFD-11:
 - Testes de resistência de 28 Set 2014: motores TA-1 e 2
 - Testes estáticos de 3 Out 2014: motores TA-3 a 7.
 - Testes estáticos de 17 Out 2014: motores TA-8 a 12.
 - Testes estáticos de 7 Nov 2014: motores TA-16 a 35 e K-1 e 2.

Aula 7: lecionada em 7 Nov 2014

- Realizar os testes estáticos dos motores AO-3 e 4, AA-3 e 4, TA-16 a 35, K-1 e 2, e TS

Aula 6: lecionada em 31 Out 2014

- Definir o cronograma de preparo dos motores MTP 13 a 8 para TE em 16 Nov 2014, com grão cilíndrico, isolado com esmectita na tampa e papelão hidráulico na tubeira; fotos e vídeos; e novo procedimento de carregamento.
- Definir novos testes estáticos de tubos de acrílico com o propelente KNSu e grão tubular

Tarefa para a turma executar até o dia 7 Nov 14 :

- Usar o aplicativo **Força Empuxo 1.1** para prever a pressão de combustão dos motores MTP que tem curva de empuxo já obtida. Apresentar um relatório.

- **Carregar com KNSu** dois tubos de acrílico De = 30 mm, Lgrão = 50 mm e Di-grão = 10 mm, e dois tubos de acrílico De = 50 mm, Lgrão = 50 mm e Di-grão = 20 mm. No dia 7 Nov 14 às 14:30 h eles serão testados.
- Usar o aplicativo **Deducao_polvora_MTP** para prever qual a massa de pólvora teórica que corresponde ao empuxo de ignição observado nos motores MTP, que tem curva de empuxo já obtida, bem como a pressão na câmara do MTP. Apresentar um relatório.

Aula 5: lecionada em 24 Out 2014 (período: 13:30-15:20=1h50; 7 alunos)

- Analisar os resultados dos testes estáticos do MTP de 19 Out 2014 [relatorio_testes_2014_10_19_Lucas_em_2014-10-21.pdf]
- Apresentar e discutir o novo procedimento de prensagem do KNSu no MTP [Novo_procedimento_prensagem_MTP_Lucas_2014-10-21.pdf]
- Analisar os resultados dos testes estáticos de 17 Out 2014 com tubos de acrílico e grão tubular de KNSu [Relatorio_testes_2014-10-17_KNSu_grao_tubular_acrilico_Lucas_2014-10-24.pdf]
- Definir os testes de secagem do nitrato de potássio, açúcar e KNSu
- Definir novos testes estáticos de tubos de acrílico com o propelente KNSu e grão tubular
- Definir os próximos testes do MTP com grão cilíndrico: quais e quando
- Discutir alterações sobre o MTP para testar grão tubular ou um novo projeto

Tarefa para executar até o dia 28 Out 14:

- Aprender a usar o aplicativo Curva_Empuxo 2.1

Tarefa para executar até o dia 31 Out 14:

- Estudar Marchi et al. (1990)
- Prever a pressão na câmara de combustão do MTP em função da massa de pólvora de ignição

Aula 4: lecionada em 19 Out 2014 (período: 14:00-16:30=1h50; 6 alunos)

- Realizar os testes estáticos dos motores MTP 11, 10, 9 e 8

Aula 3: lecionada em 17 Out 2014 (período: 13:30-15:20=1h50; 8 alunos)

- Mostrar Dimensional MTP_Lucas_em_2014-10-13.pdf
- Apresentar a teoria envolvida no aplicativo Forca_Empuxo_Propep_2ph (Diego)
- Realizar 4 testes estáticos em tubos de acrílico do propelente KNSu com grão tubular
- Aviso: fotos e vídeos dos testes realizados estão disponíveis no servidor CFD-11, na pasta Grupo, subpasta Grupo_de_Foguetes_Fotos_e_Videos, organizados por data em que as fotos e vídeos foram descarregadas dos equipamentos

Tarefa para executar até o dia 21 Out 14:

- Cada aluno deverá enviar para chmcf@gmail.com sua proposta de como deveriam ser os testes de secagem do nitrato de potássio, açúcar e KNSu.

Tarefa para executar até o dia 24 Out 14:

- Estudar o artigo Stancato_Miraglia_1997.pdf

Aula 2: lecionada em 10 Out 2014 (período: 13:30-15:20=1h50; 8 alunos)

- Aprender a usar o aplicativo Forca_Empuxo_Propep_2ph
- Comentar relatorio_Lucas_testes_MTP_2014_09_28_em_2014_10_08.pdf
- Discutir e definir as seguintes diretrizes OBRIGATÓRIAS:
 - Fazer registro do preparo do propelente KNSu
 - Fazer registro do carregamento do propelente KNSu
 - Carregar o KNSu no MTP em uma carga
 - Medir a massa de propelente com resolução de 0,01 g
- Plano: fazer 2 TR (testes de resistência) com tubo de acrílico (De = 30 mm; Lgrão = 50 mm; Di-grão = 10 mm) e KNSu no dia 17 Out 14 às 14:30 h no LMH [aprovado]
- Plano: fazer 2 TR com tubo de acrílico (De = 50 mm; Lgrão = 50 mm; Di-grão = 20 mm) e KNSu no dia 17 Out 14 às 14:30 h no LMH [aprovado]

- Discutir e definir como fazer os testes de resistência com tubos de acrílico e grãos tubulares de KNSu, principalmente em relação à ignição e inibição da área frontal livre [ficou definido que será usado o motor LV para ignição, inserido na camada de durepóxi; a inibição será feita com cola]
- Plano: fazer 4 TE (testes estáticos) com os MTP 11, 10, 9 e 8, e KNSu no dia 19 Out 14 às 14:00 h no LMH [aprovado]
- Discutir e definir quais os próximos testes estáticos a fazer com o MTP e grão cilíndrico de KNSu, principalmente em relação ao preparo e carregamento (em uma carga só?) do KNSu, quais os MTP a usar e como vedar a tampa (com durepóxi?) [preparo dependerá da resposta do prof. Juarez; a vedação será com uma camada de açúcar com 10 mm de espessura]

Tarefa para executar até o dia 16 Out 14:

- Preparar KNSu para 4 TR com tubos de acrílico e 4 TE com MTP; REGISTRAR: quantidades de oxidante, combustível e propelente; horários, período, dias e locais do preparo; detalhes sobre a secagem; e ocorrências. Mandar-me os registros após concluir o preparo.
- Carregar o KNSu nos tubos de acrílico e MTP; REGISTRAR: quantidades de propelente, horários, locais, período e dias do carregamento; e ocorrências. Mandar-me os registros após concluir o carregamento.

Tarefa para executar até a aula do dia 17 Out 14:

- Conferir o relatório_Lucas_testes_MTP_2014_09_28_em_2014_10_08.pdf
- Apresentar uma tabela com o tempo de queima dos TE com os MTP 1, 13, 12 e 11 de 28 Set 14. Fazer isso com base nos vídeos dos testes (não no som). Comparar os resultados com o tempo de queima obtido através da célula de carga. Explicar as diferenças.
- Estudar o material visto nesta aula.

Aula 1: lecionada em 3 Out 2014 (período: 13:30-15:30=2h; 7 alunos)

- Explicar o funcionamento da disciplina e seus objetivos
- Comentar Foltran_Moro_Silva_Ferreira_Araki_Marchi_SAB_2014_v6.pdf
- Comentar Relatório_previsoes_MTP_2014-03-05.pdf
- Comentar Relatório_Lucas_testes_KNSu_em_tubos_de_acrilico_grao_cilindrico_2014-09-12.pdf
- Comentar relatório_testes_MTP_2014_07_28_Lucas_em_2014-09-01.pdf
- Comentar relatório_testes_MTP_2014_09_08_Lucas_em_2014-09-16.pdf
- Comentar relatório_Lucas_testes_MTP_2014_09_28_em_2014-09-30.pdf
- Mostrar fisicamente os motores MTP

Tarefa para executar até o dia 7 Out 14: propor o novo plano de testes do MTP e alterações no preparo e carregamento do propelente.

Tarefa para executar até a aula do dia 10 Out 14: estudar o material visto nesta aula.