

# TMEC-051 DINÂMICA DOS FLUIDOS COMPUTACIONAL (CFD), turma AD

## AULAS LECIONADAS EM 2018/1

Atualizado em 11 Jun 2018 às 8:41 h

Todos os arquivos citados abaixo estão disponíveis na *internet* no endereço:

<http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM257/>

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

### 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), 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 o arquivo temas\_para\_orientacao\_prof\_Marchi\_janeiro\_2015.pdf no *site* da disciplina.

### Aula 16: PLANO para 2 Jul 2018

**Objetivo:** exame final para alunos indicados no arquivo NOTAS\_CFD\_2018-1\_em\_2018-06-\*\*.pdf

**CHAMADA:** AVISO\_EXAME\_FINAL\_CFD\_2018-1.pdf

### Aula 15: PLANO para 25 Jun 2018

**Objetivo:** prova de 2ª chamada para alunos com pedido deferido pelo prof.

**ATENÇÃO:** esta aula será apenas para os alunos que tiverem seus pedidos de 2ª chamada deferidos, conforme o arquivo AVISO\_SEGUNDA\_CHAMADA\_CFD\_2018-1.pdf

Caso não exista o arquivo, significa que não há pedidos de 2ª chamada que foram deferidos.

### Não haverá aula no dia 18 Jun 2018

### Aula 14: PLANO para 11 Jun 2018

**Objetivo:** PROVA sobre as aulas 1 a 12 (AVISO\_PROVA\_CFD\_2018-1.pdf).

### Aula 13: lecionada em 4 Jun 2018 (período: 9:30-; 13 alunos)

**Objetivo:** tutorial do aplicativo Transcal 1.1 [TM257\_CFD\_tutorial\_TransCal\_1p1\_2016\_1\_v1.pdf]

### Aula 12: lecionada em 28 Mai 2018 (período: 9:45-11:00; 13 alunos)

**AVISO:** leia o arquivo AVISO\_PROVA\_CFD\_2018-1.pdf (a prova será no dia 11 Jun 2018)

**Objetivos:**

- Capítulo 9: aplicar o método de volumes finitos à condução de calor 1D e 0D transientes [TM257\_CFD\_capitulo\_9\_2016\_1\_v1.pdf (página 1 ao fim da seção 9.5 na página 6)]
- Para aplicar a teoria do capítulo 9 sobre condução de calor 1D transiente, usar o programa computacional PROG3\_CFD1 [prog3\_cfd1\_todos\_arquivos.zip], com: TA = TB = 0; alfa = 117e-6; L = 0.1; tf = 20; ci = 1; para os seguintes casos:
  - N = M = 5, teta = 1
  - N = M = 5, teta = 0
  - N = M = 5, teta = 0.5
  - N = 5, M = 50, teta = 1
- Receber o trabalho computacional 6

Tarefa (sem valer nota) para 11 Jun 2018: estudar o material visto nas aulas 1 a 12

### Aula 11: lecionada em 21 Mai 2018 (período: 9:31-11:05; 12 alunos)

**Objetivos:**

- Capítulo 8: aplicar o método de volumes finitos às equações de advecção-difusão e Burgers 2D permanentes [TM257\_CFD\_capitulo\_8\_2016-1\_v1.pdf (página 1 ao fim da seção 8.6 na página 6)]
- Para aplicar a teoria do capítulo 8 sobre a equação de advecção-difusão 2Dp, usar o programa computacional PROG6\_CFD1, com 13x13, 23x23 e 43x43 volumes [Prog6\_cfd1\_todos\_arquivos.zip]
- Para aplicar a teoria do capítulo 8 sobre a equação de Burgers 2Dp, usar o programa computacional PROG11\_CFD, com SG 64x64, itimax=64 e tol=1d-14; e com MG(6) 64x64, itimax=1 e tol=1d-14 [prog11\_cfd.zip]
- Esclarecer dúvidas sobre o trabalho computacional 6

**Aula 10: lecionada em 14 Mai 2018 (período: 9:31-10:50; 13 alunos)****Objetivos:**

- Teoria sobre os esquemas UDS [1ª ordem], CDS [2ª ordem] e QUICK [3ª ordem] (sem e com correção adiada) e EXATO aplicados à equação de advecção-difusão 1D permanente sem usar volumes fictícios para aplicar as condições de contorno [Prog5\_CFD1\_teorias.pdf]
- Apresentar o trabalho computacional 6 [TC-6\_CFD\_2018-1.pdf]
- Devolver o trabalho computacional 4 corrigido [NOTAS\_CFD\_2018-1\_em\_2018-05-12.pdf]
- Receber o trabalho computacional 5

**Tarefa (valendo nota)** para entregar até a aula do dia 28 Mai 2018: TC-6\_CFD\_2018-1.pdf

**Aula 9: lecionada em 23 Abr 2018 (período: 9:32-11:01; 12 alunos)****Objetivos:**

- Capítulo 7: aplicar o método de volumes finitos às equações 1D permanentes de advecção-difusão e Burgers [TM257\_CFD\_capitulo\_7\_2016-1\_v2.pdf (página 1 ao fim da seção 7.2.3 na página 7)]
- Para aplicar a teoria desta aula sobre a equação de advecção-difusão, usar o programa computacional PROG5\_CFD1 [Prog5\_CFD1\_todos\_arquivos.zip], com (alfa=0.45; Itmax=100; e Tol=-1.0d-10):
  - Pe = 10 e N = 10, 5, 4 e 3 (alguns esquemas começam a oscilar com o aumento do Pe de malha)
  - Pe = 20 e N = 20, 10, 8 e 6 (idem)
  - Pe = 50 e N = 5 (a amplitude das oscilações aumenta com o aumento do Pe de malha)
- Para aplicar a teoria do capítulo 7 sobre a equação de Burgers, usar o programa computacional PROG9\_CFD1, com: N=9 e 101; Re=10; beta=1; e Itmax=100 [Prog9\_cfd1\_x32.zip]
- Esclarecer dúvidas sobre o trabalho computacional 5

**Aula 8: lecionada em 16 Abr 2018 (período: 9:31-11:03; 12 alunos)****Objetivos:**

- Capítulo 6: aplicar o método de volumes finitos a problemas de difusão de QML 1D e 2D permanentes [TM257\_CFD\_capitulo\_6\_2016-1\_v3.pdf (página 1 ao fim da seção 6.7.2 na página 8)]
- Usar o programa computacional PROG2\_CFD1 [prog2\_cfd1.zip] para aplicar a teoria do capítulo 6 sobre difusão de QML-1Dp com:
  - N = 5; Rm = 5e-2; mi = 1e-3; C = -16; L = 0.2
  - N = 50; Rm = 5e-2; mi = 1e-3; C = -16; L = 0.2
  - N = 50; Rm = 5e-2; mi = 1e-3; C = -1; L = 0.2
  - N = 50; Rm = 5e-2; mi = 1e-3; C = -160; L = 0.2
- Usar o programa computacional PROG10\_CFD [prog10\_cfd.rar] para aplicar a teoria do capítulo 6 sobre difusão de QML-2Dp com:
  - N = 11 x 11; 500 iterações; Lx = Ly = 1; C = -1
  - N = 41 x 41; 10000 iterações; Lx = Ly = 1; C = -1
- Apresentar o trabalho computacional 5 [TC-5\_CFD\_2018-1.pdf]
- Devolver o trabalho computacional 3 corrigido [NOTAS\_CFD\_2018-1\_em\_2018-04-\*\*.pdf]
- Receber o trabalho computacional 4

**Tarefa (valendo nota)** para entregar até a aula do dia 7 Mai 2018: TC-5\_CFD\_2018-1.pdf

**Aula 7: lecionada em 9 Abr 2018 (período: 9:30-11:10; 11 alunos)****Objetivos:**

- Capítulo 5: aplicar o método de volumes finitos a um problema de condução de calor 2D permanente com geração de calor [TM257\_CFD\_capitulo\_5\_2016-1\_v2.pdf (página 1 ao fim da seção 5.7 na página 8)]
- Usar o programa computacional PROG3\_CFD para simular o problema do trabalho computacional 5 de 2014/1 [prog3\_cfd\_sem\_fonte.zip]:
  - com 7x7, I=100 e 500 (res=5e-17; CPU=0 s; L1=4.4e-3);
  - com 23x23, I=500 e 5 mil (res=0; CPU=0.11 s; L1=2.9e-4);
  - com 103x103, I=5 mil e 50 mil (res=0; CPU=22 s; L1=1.3e-5);

- Esclarecer dúvidas sobre o trabalho computacional 4

**CONVITE:** no dia 4 Abr 2018 (quarta-feira), às 19 h, ocorrerá a palestra do engenheiro Gustavo Halila *Otimização em Engenharia - Uma Abordagem Computacional* no Instituto de Engenharia do Paraná (IEP).

### **Aula 6: lecionada em 2 Abr 2018 (período: 9:33-11:05; 11 alunos)**

#### **Objetivos:**

- Capítulo 4: aplicar o método de volumes finitos a dois problemas de condução de calor 1D permanente com área variável de troca de calor [TM257\_CFD\_capitulo\_4\_2016\_1\_v3.pdf (página 1 ao fim da seção 4.2.5 na página 9)]
- Apresentar o trabalho computacional 4 [TC\_4\_TM257\_2016-1.pdf]
- Comentar sobre o incentivo do PG-Mec à pós-graduação [resolucao\_01\_2008\_incentivo\_pos.pdf]; matrículas deverão ser no início de maio para o trimestre 2018/2 cujas aulas iniciarão em 21 de maio; site <http://www.prppg.ufpr.br/pgmec/>
- Receber o trabalho computacional 3
- Devolver o trabalho computacional 2 corrigido [NOTAS\_CFD\_2018-1\_em\_2018-03-30.pdf]

**Tarefa (valendo nota)** para entregar até a aula do dia 16 Abr 2018: TC-4\_CFD\_2018-1.pdf

### **Aula 5: lecionada em 26 Mar 2018 (período: 9:30-11:25; 12 alunos)**

#### **Objetivos:**

- Capítulo 3: teoria sobre erros de iteração, arredondamento e outros [TM257\_CFD\_capitulo\_3\_2016-1\_v5.pdf (página 9-seção 3.4 ao fim do cap. na página 16-seção 3.8)]
- Usar o programa computacional PROG4\_CFD para simular o problema do trabalho computacional 2 de 2011/2 com [prog4\_cfd\_aula.zip]:
  - I=20 para mostrar que aparentemente foi atingido o erro de máquina; e
  - I=50 para mostrar que atende ao procedimento recomendado para erros de iteração
  - N=500 e I=50 e 100 para mostrar um caso prático em que o erro de máquina é oscilante
- Esclarecer dúvidas sobre o trabalho computacional 3
- Devolver o trabalho computacional 1 corrigido [NOTAS\_CFD\_2018-1\_em\_2018-03-25.pdf]

### **Aula 4: lecionada em 19 Mar 2018 (período: 9:30-11:18; 13 alunos)**

#### **Objetivos:**

- Capítulo 3: teoria sobre verificação e validação em CFD e erro de discretização [TM257\_CFD\_capitulo\_3\_2016-1\_v5.pdf (página 1 ao fim da seção 3.3.6 na página 9)]
- Apresentar o trabalho computacional 3 [TC-3\_CFD\_2018-1.pdf]
- Receber o trabalho computacional 2

**Tarefa (valendo nota)** para entregar até a aula do dia 2 Abr 2018: TC-3\_CFD\_2018-1.pdf

### **Aula 3: lecionada em 12 Mar 2018 (período: 9:30-10:36; 13 alunos)**

#### **Objetivos:**

- Capítulo 2: aplicar o método de volumes finitos a um problema de condução de calor 1D permanente com área constante de troca de calor [TM257\_CFD\_capitulo\_2\_2016-1\_v2.pdf (seção 2.5 até o fim do cap. na página 9 - seção 2.9)]
- Usar o programa computacional PROG1\_CFD para simular o problema do trabalho computacional 1 de 2011/2 com N=5 ( $Eh=-0.625$ ) e N=50 ( $Eh=-0.00625$ ); Eh cai 100X com a redução de  $\Delta x$  em 10X [prog1\_cfd\_dados\_TC\_3\_TM-257\_CFD\_2010\_1.zip]
- Usar o programa computacional PROG1\_CFD para simular os exemplos 4.1 e 4.2 do livro do Versteeg [Versteeg\_2007\_p\_118-125.pdf]
- Esclarecer dúvidas sobre o trabalho computacional 2
- Receber o trabalho computacional 1

### **Aula 2: lecionada em 5 Mar 2018 (período: 9:30-11:14; 15 alunos)**

#### **Objetivos:**

- Capítulo 2: aplicar o método de volumes finitos a um problema de condução de calor 1D permanente com área constante de troca de calor [TM257\_CFD\_capitulo\_2\_2016-1\_v2.pdf (página 1 até o fim da seção 2.4 na página 5)]
- Teoria sobre o método TDMA para resolver matrizes tridiagonais [TDMA.pdf]
- Apresentar o trabalho computacional 2 [TC-2\_CFD\_2018-1.pdf]
- Esclarecer dúvidas sobre o trabalho computacional 1

**AVISO: o Lena 4 estará aberto para os alunos durante a semana; os horários estão disponíveis ao lado da porta do Lena 4. Alguns monitores também poderão esclarecer dúvidas sobre CFD.**

**Tarefa (valendo nota)** para entregar até a aula do dia 19 Mar 2018: TC-2\_CFD\_2018-1.pdf

**CONVITE**: no dia 28 Fev 2018 (quarta-feira), a partir das 13:45 h, serão feitos 3 testes estáticos de motores-foguete pequenos no Laboratório de Máquinas Hidráulicas (LMH) do DEMEC.

**Aula 1: lecionada em 26 Fev 2018 (período: 9:30-11:15; 16 alunos)**

**Objetivos:**

- Apresentar o edital sobre a forma de comunicação com os alunos [edital\_ftp\_CFD\_2018-1.pdf]
- Introdução a CFD [Introducao\_CFD\_2015-1.pdf]
- Apresentar o plano de ensino da disciplina [plano\_CFD\_2018-1.pdf]
- Apresentar o trabalho computacional 1 [TC-1\_CFD\_2018-1.pdf]

**Tarefa (valendo nota) para entregar até a aula do dia 12 Mar 2018: TC-1\_CFD\_2018-1.pdf**

**Tarefa (sem valer nota) [ler os arquivos]:**

- TM257\_CFD\_capitulo\_1\_2010\_2.pdf (3 páginas)
- carta\_Gustavo\_Halila\_Dez\_2011.pdf
- exemplo\_trocador\_de\_calor.pdf (exemplo do uso de CFD em um trocador de calor)
- Johnson\_et\_al\_2005.pdf (artigo que descreve o uso de CFD na Boeing)
- Mavriplis\_et\_al\_2007.pdf (artigo que mostra o estado-da-arte em 2007 de CFD em aerodinâmica)