



**PLANO DE ENSINO**

<b>Disciplina</b>	ENM0076 – Tópicos Especiais em Sistemas Térmicos – Turma 02
<b>Cursos</b>	Engenharias
<b>Professor</b>	Adriano Possebon Rosa (aprosa@unb.br)
<b>Semestre</b>	2023.2
<b>Pré-requisitos</b>	Disciplina sem pré-requisitos. Recomenda-se que o aluno tenha cursado Transferência de Calor ou Fenômenos de Transporte ou Transporte de Calor e Massa. Recomenda-se que o aluno tenha conhecimento básico de programação numérica.
<b>Horário de aulas</b>	Segunda-feira, das 14h às 17h50.
<b>Local</b>	
<b>Atendimento aos alunos</b>	Terça-feira, das 14h às 15h40, na sala do professor (bloco G, G1-28/21) ou por e-mail
<b>Objetivos da Disciplina</b>	Fornecer aos estudantes uma compreensão de conceitos teóricos e práticos de Dinâmica dos Fluidos Computacional (CFD) e Transferência de Calor, com ênfase na aplicação desses conhecimentos em problemas relevantes nas áreas científica e industrial.
<b>Metodologia de Ensino</b>	As aulas serão expositivas, presenciais e divididas entre uma parte teórica e uma parte prática. A avaliação dos discentes será feita por meio de trabalhos ao longo do curso.
<b>Programa</b>	<p><b>Unidade 0: Introdução.</b> Dinâmica dos Fluidos Computacional. Perspectiva histórica. Aplicações.</p> <p><b>Unidade 1: Softwares.</b> Softwares mais utilizados em CFD. Softwares comerciais. Softwares gratuitos e de código aberto. Linguagens de programação.</p> <p><b>Unidade 2: Métodos Numéricos.</b> Discretização espacial. Diferenças finitas. Volumes finitos. Equação de Poisson. Equação de convecção-difusão. <i>Upwinding</i>.</p> <p><b>Unidade 3: Algoritmos.</b> Acoplamento pressão-velocidade. Método de projeção. PISO, SIMPLE, SIMPLER e SIMPLER.</p> <p><b>Unidade 4: Geração de Malha.</b> Tipos de malha: estruturada, não estruturada e híbrida. Tipos de volumes. Parâmetros de qualidade de malha. Refinamento. Malhas móveis.</p> <p><b>Unidade 5: Turbulência.</b> Conceitos fundamentais. Equações Médias de Reynolds (RANS). Problema de fechamento. Modelos para o tensor de Reynolds. Simulação de grandes escalas (LES) e simulação numérica direta (DNS).</p> <p><b>Unidade 6: Análise de Problemas Práticos.</b> Escoamento em tubo. Escoamento ao redor de corpos. Trocadores de calor. Escoamentos multifásicos. Transferência de calor conjugada. Verificação e validação.</p>
<b>Critério de Avaliação</b>	<p><b>Serão 3 trabalhos ao longo do curso.</b> Os Trabalhos 1 e 2 consistirão na análise detalhada de problemas propostos para a turma. O Trabalho 3 consistirá na elaboração de um artigo científico e em sua apresentação. O tema do Trabalho 3 será individual. A Média Final (MF) será calculada como <math>MF = 0,2 \cdot T1 + 0,3 \cdot T2 + 0,5 \cdot T3</math>, em que T1, T2 e T3 representam as notas dos Trabalhos 1, 2 e 3, respectivamente. Para ser aprovado, o aluno precisa ter MF maior ou igual a 5,0 e presença em pelo menos 75% das atividades. As menções serão atribuídas de acordo com as regras da UnB.</p>
<b>Controle de frequência</b>	A frequência será aferida por meio de chamada durante as aulas.
<b>Bibliografia Recomendada</b>	<p><b>Principal</b></p> <p><b>Ref. 1:</b> The Finite Volume Method in Computational Fluid Dynamics, F. Moukalled, L. Mangani, M. Darwish, Springer, 2016.</p> <p><b>Ref. 2:</b> Computational Fluid Dynamics: A Practical Approach, J. Tu, G. Yeoh, C. Liu, Elsevier, 2018.</p> <p><b>Ref. 3:</b> An Introduction to Computational Fluid Dynamics, H. K. Versteeg, W. Malalasekera, Pearson Education, Second Edition, 2007.</p> <p><b>Ref. 4:</b> Notes on Computational Fluid Dynamics: General Principles, C. Greenshields, H. Weller, CFD Direct Ltd, 2022.</p> <p><b>Complementar</b></p> <p><b>Ref. 5:</b> Técnicas Computacionais para Dinâmica dos Fluidos, A. O. Fortuna, Editora da Universidade de São Paulo, Segunda Edição, 2012.</p> <p><b>Ref. 6:</b> Introduction to Theoretical and Computational Fluid Dynamics, C. Pozrikidis, Oxford University Press, Second Edition, 2011.</p> <p><b>Ref. 7:</b> Mecânica dos Fluidos, F. M. White, McGraw-Hill, Sexta Edição, 2010.</p> <p><b>Ref. 8:</b> Transferência de Calor e Massa: Uma Abordagem Prática, Y. A. Çengel, A. J. Ghajar, McGraw-Hill, Quarta Edição, 2012.</p>

### CRONOGRAMA

Semana	Data	Unid.	Conteúdo
<b>0</b>	<b>28/08</b>	<b>0</b>	Apresentação do Plano de Ensino. Objetivos da disciplina. CFD. Perspectiva histórica. Importância. Aplicações.
<b>1</b>	<b>04/09</b>	<b>1</b>	Softwares mais utilizados em CFD. Softwares comerciais e open source. Linguagens de programação. <i>Prática: instalação do OpenFOAM; implementando os primeiros casos; cavidade cisalhante.</i>
<b>2</b>	<b>11/09</b>	<b>2</b>	Equações Governantes em CFD. <i>Prática: escoamento entre placas e problema do degrau.</i>
<b>3</b>	<b>18/09</b>	<b>2</b>	Métodos Numéricos. Discretização espacial e temporal. Condições de contorno. <i>Prática: escoamento ao redor de um cilindro.</i>
<b>4</b>	<b>02/10</b>	<b>3</b>	<b>Entrega do Trabalho 1.</b>
<b>5</b>	<b>09/10</b>	<b>3</b>	Geração de malha. Malha estruturada e não estruturada. Parâmetros de qualidade da malha.
<b>6</b>	<b>16/10</b>	<b>4</b>	Gmsh e SnappyHexMesh. <i>Prática: refinamento de malha e malha móvel.</i>
<b>7</b>	<b>23/10</b>	<b>4</b>	Método dos Volumes finitos. Métodos de Upwinding. <i>Prática: convecção natural.</i>
<b>8</b>	<b>30/10</b>	<b>5</b>	Algoritmos. Acoplamento pressão-velocidade. Método de projeção. Métodos PISO e SIMPLE. <i>Prática: escoamento multifásico.</i>
<b>9</b>	<b>06/11</b>	<b>5</b>	Turbulência. Conceitos fundamentais. <i>Prática: problema do degrau.</i>
<b>10</b>	<b>13/11</b>	<b>5</b>	Turbulência. Modelos de turbulência. <i>Prática: escoamento ao redor de um aerofólio.</i>
<b>11</b>	<b>20/11</b>	<b>6</b>	<b>Entrega do Trabalho 2.</b>
<b>12</b>	<b>27/11</b>	<b>6</b>	Criando e modificando solvers do OpenFOAM (condução de calor e convecção natural).
<b>13</b>	<b>04/12</b>	-	Acompanhamento da elaboração do artigo científico.
<b>14</b>	<b>11/12</b>	-	<b>Entrega e apresentação do artigo científico (Trabalho 3).</b>