



## PLANO DE ENSINO

<b>Programa</b>	Ciências Mecânicas (53001010053P0)
<b>Nome</b>	Turbulência
<b>Sigla</b>	PCMEC4000
<b>Número</b>	4000
<b>Créditos</b>	4
<b>Período de Vigência</b>	-
<b>Professor responsável</b>	Taygoara Felamingo de Oliveira
<b>Disciplina obrigatória</b>	Apenas para alunos da área de Energia e Ambiente

### EMENTA

#### Objetivos:

Fornecer ao estudante uma formação de base em turbulência, com conhecimentos sólidos sobre as características dos escoamentos turbulentos enquanto fenômeno físico, entendimento de teorias clássicas sobre turbulência em fluidos e, sobretudo, com noções seguras de modelagem de escoamentos turbulentos, permitindo que os estudantes desenvolvam uma visão crítica sobre resultados de simulações e experimentos de laboratório que envolvam escoamentos turbulentos além de serem capazes de selecionar corretamente modelos de turbulência mais adequados a cada aplicação.

#### Justificativa:

Trata-se de um curso avançado na área de Mecânica dos Fluidos que permite que estudantes tenham contato estreito com um dos temas mais relevantes de pesquisa em Mecânica dos Fluidos além de fornecer os elementos necessários para que usem modelos de turbulência de forma competente, quer seja quando fazendo uso de pacotes de simulação numérica de escoamentos turbulentos, como quando desenvolvendo suas próprias ferramentas de simulação.

#### Conteúdo:

**A natureza dos escoamentos turbulentos:** experimentos de Taylor, Bernard e Reynolds, a turbulência como um fenômeno de múltiplas escalas, o problema de fechamento. **Equações do movimento:** equações de Navier-Stokes, equação da energia e elementos de dinâmica de vorticidade. **Origens da turbulência:** a turbulência como um fenômeno caótico, propriedades elementares de escoamentos turbulentos livres estágios do desenvolvimento da turbulência nos escoamentos, taxa de dissipação de energia cinética de turbulência, memória do escoamento, necessidade de abordagem estatística. **Teorias para o escoamentos turbulentos:** teorias de Richardson (escalas de tempo e comprimento), Kolmogorov (dinâmica das pequenas escalas), difusão turbulenta. **Modelos de turbulência:** decomposição de Reynolds, correlações espaciais e temporais, equações médias de Reynolds e o tensor de Reynolds, hipótese de Boussinesq e o conceito de viscosidade turbulenta. Modelos algébricos (comprimento de mistura) e de “meia-equação”. Modelos de transporte de energia cinética de turbulência, modelos a uma e duas equações, incluindo  $k$ - $\omega$ ,  $k$ - $\epsilon$ , e SST, modelos para o tensor de Reynolds

#### Forma de Avaliação

Listas de exercícios, estudos dirigidos; prova discursiva e seminários

---

Serão atribuídas menções aos estudantes com base nas notas finais obtivas, de acordo com o critério de menções da UnB. Casos omissos serão resolvidos pelos professores da disciplina.

---

**Observação:**

---

**Bibliografia:**

1. W. Kollmann, Navier-Stokes Turbulence: Theory and Analysis, Springer, 2020
  2. D.C. Wilcox, Turbulence Modeling for CFD, DCW, 1994
  3. P. A. Davidson, TURBULENCE An Introduction for Scientists and Engineers, Oxford University Press, 2015
  4. Tennekes, H., & Lumley, J.L. A first course in turbulence. MIT Press, 1987.
  5. Batchelor, G.K. The theory of homogeneous turbulence, Cambridge, 1953
-



### Unit information

<b>Program</b>	Mechanical Science (53001010053P0)
<b>Course unit</b>	Turbulence
<b>Unit code</b>	PCMEC4000
<b>Unit number</b>	4000
<b>Credit points</b>	4
<b>Period</b>	
<b>Professor</b>	Taygoara Felamingo de Oliveira
<b>Prerequisites</b>	

### Unit outline

#### Objective:

Provide the student with solid knowledge about the characteristics of turbulent flows as a physical phenomenon, understanding of classical theories about turbulence in fluids and, above all, with safe notions of modeling turbulent flows, allowing students to develop a critical view on results of simulations and laboratory experiments involving turbulent flows, in addition to being able to correctly select turbulence models that are most suitable for each application.

#### Purpose:

This is an advanced course in Fluid Mechanics that allows students to have close contact with one of the most relevant research topics in Fluid Mechanics, in addition to providing the necessary elements to use turbulence models competently, whether when making use of numerical simulation packages of turbulent flows, as when developing your own simulation tools.

#### Contents:

**The nature of turbulent flows:** experiments by Taylor, Bernard and Reynolds, turbulence as a multiscale phenomenon, the closure problem. **Equations of motion:** Navier-Stokes equations, energy equation and elements of vorticity dynamics. **Origins of turbulence:** turbulence as a chaotic phenomenon, elementary properties of free turbulent flows (turbulence development, rate of dissipation of turbulence kinetic energy, memory, need for statistical approach). **Theories for turbulent flows:** Richardson theories (time and length scales), Kolmogorov (small scale dynamics), turbulent diffusion **Turbulence models:** Reynolds decomposition, spatial and temporal correlations, mean Reynolds equations and the Reynolds tensor, Boussinesq hypothesis and the concept of turbulent viscosity. Algebraic (mixing length) and half-equation models. Kinetic energy transport models of turbulence, one- and two-equation models, including  $k$ - $\omega$ ,  $k$ - $\epsilon$ , and SST, models for the Reynolds stress tensor.

#### Assessment

Homeworks, guided self-studies; Exams, and seminars

#### Obs:

---

**Reference:**

1. W. Kollmann, Navier-Stokes Turbulence: Theory and Analysis, Springer, 2020.
  2. D.C. Wilcox, Turbulence Modeling for CFD, DCW, 1994.
  3. P. A. Davidson, TURBULENCE An Introduction for Scientists and Engineers, Oxford Universty Press, 2015.
  4. Tennekes, H., & Lumley, J.L. A first course in turbulence. MIT Press, 1987.
  5. Batchelor, G.K. The theory of homogeneous turbulence, Cambridge, 1953.
-