

---

**Ano Letivo** 2019-20

---

**Unidade Curricular** TURBOMÁQUINAS

---

**Cursos** ENGENHARIA MECÂNICA - ENERGIA, CLIMATIZAÇÃO E REFRIGERAÇÃO (2.º ciclo)

---

**Unidade Orgânica** Instituto Superior de Engenharia

---

**Código da Unidade Curricular** 17821005

---

**Área Científica** ENGENHARIA MECÂNICA

---

**Sigla**

---

**Línguas de Aprendizagem** Português, Inglês

---

**Modalidade de ensino** Aulas teórico-práticas complementadas com ensaio prático de uma turbomáquina (ventilador) em laboratório.

---

**Docente Responsável** Frederico Trovisqueira Fernandes Morgado

DOCENTE	TIPO DE AULA	TURMAS	TOTAL HORAS DE CONTACTO (*)
Frederico Trovisqueira Fernandes Morgado	PL; T; TP	T1; TP1; PL1	15T; 24TP; 6PL

\* Para turmas lecionadas conjuntamente, apenas é contabilizada a carga horária de uma delas.

ANO	PERÍODO DE FUNCIONAMENTO*	HORAS DE CONTACTO	HORAS TOTAIS DE TRABALHO	ECTS
1º	S2	15T; 24TP; 6PL	168	6

\* A-Anual;S-Semestral;Q-Quadrimestral;T-Trimestral

#### Precedências

Sem precedências

#### Conhecimentos Prévios recomendados

Conhecimentos básicos de mecânica dos fluidos.

#### Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências)

Pretende-se que os alunos compreendam os aspectos fundamentais das turbomáquinas enquanto máquinas que fornecem ou recebem energia de um fluido. Os alunos devem compreender a utilização da análise dimensional aplicada a este domínio, com aplicações práticas ao nível de modelos e aplicações reais de máquinas a trabalhar nas mesmas instalações mas com rotações e/ou diâmetros diferentes.

Os alunos devem ficar a conhecer os triângulos de velocidades e sua aplicação pela Equação de Euler, assim como ficar com boas noções dos vários tipos de máquinas e respectivos campos de aplicação. Finalmente devem ficar a conhecer a forma de projectar uma bomba radial, que constitui a máquina com a aplicação mais alargada na indústria.

## **Conteúdos programáticos**

### **1. Introdução ao estudo das turbomáquinas**

Tipos de turbomáquinas

Relações termodinâmicas

Números adimensionais

Aplicações práticas de análise dimensional.

### **2. Estudo simplificado de uma turbomáquina**

Escoamento absoluto e relativo no interior das turbomáquinas

Triângulos de velocidades

Equação de Euler

Desvios da equação de Euler (escorregamentos, rendimentos)

### **3. Estudo dos vários tipos de turbomáquinas**

Turbinas Pelton, radiais, axiais e mistas

Turbinas eólicas

Bombas axiais e radiais

Ventiladores axiais e centrífugos

Ensaio de um ventilador centrífugo

### **4. Tópicos de Projecto de uma bomba radial.**

---

## **Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular**

A motivação para a aprendizagem nesta disciplina é realizada pela necessidade de dominar um grupo de máquinas com implantação muito vasta na indústria. A questão energética é introduzida via análise dimensional, nomeadamente no que toca ao domínio da questão dos pontos de funcionamento em situações de variação de velocidade ou escolha de máquinas de diâmetro maior ou menor que o originalmente instalado.

A disciplina inclui uma descrição detalhada do funcionamento dos vários tipos de turbomáquinas (quer bombas, quer turbinas), com análise do seu campo de aplicação, com análise do seu campo de aplicação, com exemplos práticos.

Faz ainda parte do programa o ensaio em laboratório de um ventilador centrífugo.

Por fim, é demonstrada a forma de projeto de uma bomba radial.

A leccionação da disciplina é facilitada pelo seguimento de bibliografia de fácil acesso e elevada qualidade em língua portuguesa e inglesa, facilitando a aprendizagem quer para alunos nacionais, quer para alunos estrangeiros.

### **Metodologias de ensino (avaliação incluída)**

O ensino é partilhado entre aulas teóricas e teórico-práticas e um ensaio laboratorial. Nas aulas teóricas é realizada a exposição da matéria com recurso à projecção de diapositivos seguido da resolução de exercícios práticos nas aulas teórico-práticas de forma a consolidar os conteúdos leccionados. São ainda apresentados exercícios e problemas de resolução autónoma que consiste no trabalho dos alunos fora das horas de contacto. No ensaio laboratorial os alunos são confrontados com o ensaio prático de um ventilador centrífugo.

A avaliação compreende uma parte de testes ou exames, com peso de 90%, e um relatório sobre o ensaio de laboratório, com peso de 10%. Para a média dos testes ou exame, e relatório, exige-se uma nota mínima de 10 valores. O aluno fica aprovado se obtiver classificação final igual ou superior a 10 valores.

---

### **Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular**

A apresentação e aplicação dos conteúdos programáticos é fundamentalmente de cariz teórico-prático. O trabalho do aluno é dividido entre horas de contacto e trabalho autónomo, no qual o aluno durante o estudo é convidado à resolução de exercícios práticos. Estes últimos são realizados na maioria com recurso equipamentos reais, com utilização das respectivas curvas de funcionamento dos fabricantes privilegiando a formação de cariz politécnica deste curso de mestrado.

O ensaio laboratorial compreende a execução de um relatório.

---

### **Bibliografia principal**

- FRANK M. WHITE (2011) Fluid Mechanics, McGraw-Hill, 7th Edition.
- SEPPO KORPELA, (2012) Principles of Turbomachinery, John Wiley & Sons
- SCHETZ, J.A., FUHS, A.E. (1996) Handbook of Fluid Dynamics and Fluid Machinery, Vol.3, John Wiley & Sons
- KURTON, R.K. (1995) Principles of Turbomachinery, 2nd. Ed., Chapman & Hall.

**Academic Year** 2019-20

**Course unit** TURBOMACHINERY

**Courses** MECHANICAL ENGINEERING - ENERGY, AIR-CONDITIONING AND REFRIGERATION

**Faculty / School** INSTITUTE OF ENGINEERING

**Main Scientific Area** ENGENHARIA MECÂNICA

**Acronym**

**Language of instruction** Portuguese, English

**Teaching/Learning modality** Theoretical and practical classes, complemented with laboratory test of a relevant machine (fan).

**Coordinating teacher** Frederico Trovisqueira Fernandes Morgado

Teaching staff	Type	Classes	Hours (*)
Frederico Trovisqueira Fernandes Morgado	PL; T; TP	T1; TP1; PL1	15T; 24TP; 6PL

\* For classes taught jointly, it is only accounted the workload of one.

**Contact hours**

T	TP	PL	TC	S	E	OT	O	Total
15	24	6	0	0	0	0	0	168

T - Theoretical; TP - Theoretical and practical ; PL - Practical and laboratorial; TC - Field Work; S - Seminar; E - Training; OT - Tutorial; O - Other

**Pre-requisites**

no pre-requisites

**Prior knowledge and skills**

Basic knowledge on fluid mechanics.

**The students intended learning outcomes (knowledge, skills and competences)**

It is intended that students understand the fundamentals of turbomachinery as machines that provide or receive energy from a fluid. Students shall understand the use of dimensional analysis applied to this domain, like small scale modelling, or real-world applications to machinery working in the same facility but with different rotation speeds and/or different diameters.

Students shall get to know velocity triangles and their application by Euler equation, as well as acquire understanding on various types of machines and their respective field of application .

Finally students will acquire skills in radial pump design, one of the widest industry application machine.

## Syllabus

### 1. Introduction to the study of turbomachinery

Types of turbomachinery

Thermodynamic relations

Dimensionless numbers

Practical applications of dimensional analysis

### 2. Simplified study of turbomachinery

Absolute and relative flow within turbo machinery

Velocity triangles

Euler equation and deviations - performance.

### 3. Study of various types of turbomachinery

Turbines (Pelton, radial, axial, mixed)

Wind turbines

Pumps (axial and radial)

Fans (axial and centrifugal)

Laboratory test of a centrifugal fan.

### 4. Topics for the project of a centrifugal pump

---

## Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives

The driving motif for attending this course is related by the need to understand a group of machines with very wide industrial application. Energy issues are introduced via dimensional analysis, namely with regard to the issue of situations of change of rotor speed or choice of larger or smaller diameters when compared with the originally installed machines.

The course includes a detailed description of the operation of various types of turbomachinery (pumps, fans and turbines), with analysis of their field of application, with practical examples.

There is a practical part in the laboratory with the test of a centrifugal fan.

Finally, it is shown how to design a radial pump.

The teaching of this course is facilitated by following locally available high quality bibliography, both in Portuguese and English, with special care for possible foreign students.

### **Teaching methodologies (including evaluation)**

Teaching is shared between theoretical and practical classes and a laboratory test. Lectures include exposition in Powerpoint or similar method, together with the in-class resolution of practical exercises. Students are also presented with suggestion exercises and problems to be solved off-class. In the laboratory students are faced with the practical test of a centrifugal fan.

The assessment includes individual tests or examinations, weighted of 90%, and a report about the laboratory test, weighted 10%. Students are required to obtain minimum grade of 10 in tests (average of) or exam, and lab report.

---

### **Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes**

Syllabus presentation and application is primarily of theoretical and practical nature. The student's work is divided between contact hours and independent work, with strong incentives for the solution of practical exercises. Real equipment literature is used throughout the course (manufacturers brochures for machines behavior and performance) towards a practical 'polytechnic' essence of this master course.

Laboratory testing includes an individual report.

---

### **Main Bibliography**

- FRANK M. WHITE (2011) Fluid Mechanics, McGraw-Hill, 7th Edition.
- SEPPO KORPELA, (2012) Principles of Turbomachinery, John Wiley & Sons
- SCHETZ, J.A., FUHS, A.E. (1996) Handbook of Fluid Dynamics and Fluid Machinery, Vol.3, John Wiley & Sons
- KURTON, R.K. (1995) Principles of Turbomachinery, 2nd. Ed., Chapman & Hall.