



## Plano de Ensino para o Ano Letivo de 2021

IDENTIFICAÇÃO		
Disciplina: Máquinas de Fluxo		Código da Disciplina: EMC613
Course: Flow Machines		
Materia: Máquinas de Flujo		
Periodicidade: Anual	Carga horária total: 80	Carga horária semanal: 01 - 00 - 01
Curso/Habilitação/Ênfase: Engenharia Mecânica Engenharia Mecânica Engenharia Mecânica	Série: 5 4 4	Período: Noturno Diurno Noturno
Professor Responsável: João de Sa Brasil Lima	Titulação - Graduação Engenheiro Mecânico	Pós-Graduação Doutor
Professores: João de Sa Brasil Lima	Titulação - Graduação Engenheiro Mecânico	Pós-Graduação Doutor
MODALIDADE DE ENSINO		
Presencial: 70%		
Mediada por tecnologia: 30%		
* Em qualquer modalidade a entrega de atividades e trabalhos deve ser realizada segundo orientações do professor da disciplina.		
ATIVIDADES DE EXTENSÃO		
- Evento: 10%		
EMENTA		
<p>Máquinas de transformação de energia: máquinas de fluxo, volumétrica e especiais; grandezas associadas, modelo para máquinas de fluxo; parâmetros de seleção de máquinas de fluxo; associação de rotores; equação fundamental das máquinas de fluxo; triângulo de velocidades; curvas características e teoria de semelhança. Cavitação: definição, identificação, análise das instalações, cálculo de NPSH. Aproveitamentos hidrelétricos: potência instalada, elementos; instalações reversíveis; tipos de turbinas; transformação de energia; triângulo de velocidades; impactos ambientais. Sistemas de recalque: instalações, perda de carga; curva do sistema; curvas características; ponto e controle de operação; aspectos construtivos; válvulas; dimensionamento de instalações. Ventiladores: tipos; curvas características. Energia eólica: potencial energético do vento; tipos de turbinas; vantagens e desvantagens; coeficiente de potência; projeto de turbinas eólicas de eixo horizontal. Dinâmica de Fluidos Computacional: conceitos, etapas; simulação de máquinas de fluxo.</p>		



### SYLLABUS

Energy transformation machinery: flow, volumetric and special machinery; associated quantities model for flow machines; flow machine selection parameters; association of rotors; fundamental equation of flow machines; triangle of speeds; characteristic curves and similarity theory. Cavitation: definition, identification, analysis of facilities, calculation of NPSH. Hydroelectric plants: installed power, elements; reversible installations; types of turbines; energy transformation; triangle of speeds; environmental impacts. Pumping plants: installations, loss of load; system curve; characteristic curves; point and operation control; constructive aspects; valves; sizing of facilities. Fans: types; characteristic curves. Wind energy: wind energy potential; types of turbines; advantages and disadvantages; power coefficient; design of horizontal axis wind turbines. Computational Fluid Dynamics: concepts, steps; simulation of flow machines.

### TEMARIO

Energy transformation machinery: flow, volumetric and special machinery; associated quantities model for flow machines; flow machine selection parameters; association of rotors; fundamental equation of flow machines; triangle of speeds; characteristic curves and similarity theory. Cavitation: definition, identification, analysis of facilities, calculation of NPSH. Hydroelectric plants: installed power, elements; reversible installations; types of turbines; energy transformation; triangle of speeds; environmental impacts. Pumping plants: installations, loss of load; system curve; characteristic curves; point and operation control; constructive aspects; valves; sizing of facilities. Fans: types; characteristic curves. Wind energy: wind energy potential; types of turbines; advantages and disadvantages; power coefficient; design of horizontal axis wind turbines. Computational Fluid Dynamics: concepts, steps; simulation of flow machines.

### CONHECIMENTOS PRÉVIOS NECESSÁRIOS PARA O ACOMPANHAMENTO DA DISCIPLINA

Máquinas de Fluxo se trata de uma disciplina de aplicação. Em virtude disso, são necessários conhecimentos adquiridos em séries anteriores tais como: Cálculo Diferencial e Integral, Mecânica dos Fluidos e Termodinâmica. Embora os cálculos requeridos na disciplina seja, na sua maioria simples, os conhecimentos de cálculo são utilizados principalmente no desenvolvimento do equacionamento fundamental de máquinas de fluxo. Ademais, serão importantes nos tópicos de energia eólica e dinâmica dos fluidos computacional para que os alunos compreendam a ideia central dos métodos utilizados em CFD. Já os conhecimentos de Mecânica dos Fluidos serão os mais requeridos ao longo da disciplina. Dentre eles, destacam-se: propriedades de fluidos, vazões volumétrica e mássica, teorema de transporte de Reynolds e equação de energia.



### COMPETÊNCIAS DESENVOLVIDAS NA DISCIPLINA

#### COMPETÊNCIA 1:

1. Analisar e compreender os usuários das soluções de engenharia e seu contexto, para formular os requerimentos de engenharia e conceber soluções apropriadas em projetos da área de energia e fluidos  
2. Analisar e compreender os fenômenos físicos e químicos por meio de modelos matemáticos, computacionais ou físicos, validados por experimentação.

### OBJETIVOS - Conhecimentos, Habilidades, e Atitudes

#### CONHECIMENTOS

- C1 - Resgatar conceitos de mecânica de fluidos que serão importantes no estudo de máquinas de fluxo
- C2 - Compreender a definição de máquinas de fluxo, suas aplicações e classificação
- C3 - Selecionar máquinas de fluxo dadas condições de operação e do sistema
- C4 - Analisar instalações que contenham máquinas hidráulicas

#### HABILIDADES

- H1 - Análise de sistemas fluido mecânicos
- H2 - Tratamento de dados
- H3 - Interpretação de gráficos e diagramas
- H4 - Coleta de dados e informações
- H5 - Trabalho em equipe
- H6 - Propor soluções

#### ATITUDES

- A1 - Ter postura ativa no aprendizado
- A2 - Respeito com os colegas e professores
- A3 - Ser protagonista da sua formação
- A4 - Questionar quando tiver dúvidas
- A5 - Trabalhar em equipe

### ESTRATÉGIAS ATIVAS PARA APRENDIZAGEM - EAA

Aulas de Teoria - Sim

Aulas de Laboratório - Sim

### LISTA DE ESTRATÉGIAS ATIVAS PARA APRENDIZAGEM

- Peer Instruction (Ensino por pares)
- Ensino Híbrido
- Sala de aula invertida
- Project Based Learning
- Problem Based Learning
- Aprendizagem Mediada por Tecnologia



### METODOLOGIA DIDÁTICA

A disciplina será ministrada em aulas que envolverão teoria e exercícios. Antes de cada aula, os alunos deverão estudar um material prévio selecionado pelo professor e responder curtas questões (uma ou duas) via Moodle sobre o material, prática conhecida como sala de aula invertida. Essas questões comporão a média de trabalhos da disciplina. Nas aulas, a teoria será transmitida utilizando explicações em lousa aliada a recursos audiovisuais tais como apresentações em Power Point, vídeos e imagens. Nas aulas em que houver resolução de exercícios por parte dos alunos, os mesmos trabalharão em grupos e desenvolverão exercícios/problemas sobre o conteúdo visto nas aulas de teoria. As notas dos exercícios também comporão a média de trabalhos. Nas aulas sobre energia eólica e dinâmica de fluidos computacional (CFD) os alunos utilizarão computadores para a solução de exercícios e estudo de casos práticos. No caso de CFD, serão utilizados softwares comerciais do pacote ANSYS nos quais o aluno será instruído como operar o software e realizar uma simulação de uma máquina de fluxo (bomba, compressor ou turbina). Os alunos realizam, condicionado à disponibilidade de agenda, visita técnica à Usina Hidrelétrica de Henry Borden, localizada em Cubatão, acompanhados do professor da disciplina. Os alunos visitam as duas usinas da planta (externa e subterrânea) que operam com turbinas Pelton, visualizando in loco o processo de transformação de energia hidráulica em elétrica.

### INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO

NENHUM INSTRUMENTO DE AVALIACAO FOI ADICIONADA.

### AVALIAÇÃO (conforme Resolução RN CEPE 16/2014) e CRITÉRIOS DE APROVAÇÃO

Disciplina anual, com trabalhos e provas (duas e uma substitutiva).

Pesos dos trabalhos:

$k_1: 1,0$   $k_2: 1,0$   $k_3: 3,0$   $k_4: 2,0$   $k_5: 2,0$   $k_6: 2,0$

Peso de MP( $k_p$ ): 0,6

Peso de MT( $k_T$ ): 0,4

### INFORMAÇÕES SOBRE INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO

### CONTRIBUIÇÃO DA DISCIPLINA

A disciplina irá abordar todos os tipos de máquinas de fluxo e visa caracterizá-las de modo que o aluno possa identificar todos os tipos dessa classe de máquinas. Dentre todas as máquinas de fluxo o enfoque maior será em máquinas hidráulicas e eólicas, ao passo que para máquinas térmicas o enfoque será apenas no equipamento e seu princípio de funcionamento pois os demais aspectos são estudados em outra(s) disciplina(s). Isto posto, com esta disciplina o aluno será capaz de avaliar instalações que contenham máquinas de fluxo, avaliar o desempenho das mesmas, realizar a seleção e dimensionamento de máquinas de fluxo e instalações correlatas. Além disso, a disciplina irá apresentar ao aluno abordagens modernas de estudo de escoamento através de



máquinas de fluxo como simulações computacionais (CFD). Embora o aluno não se torne um especialista em CFD, irá compreender o fluxo de uma simulação aprendendo todas as etapas que a compõem. Irá, também, realizar simulações máquinas de fluxo, obter e visualizar seus resultados e chegar a conclusões a partir dos mesmos. Além disso, o estudante terá um olhar crítico sobre todas as formas de energia, suas vantagens e desvantagens nos âmbitos de produção energética e ambiental.

### BIBLIOGRAFIA

#### Bibliografia Básica:

LAURIA, Douglas, MÁQUINAS DE FLUXO São Caetano do Sul, 10. ed. [S.I:s.n.], 2016. 530 p. Apostila

SOUZA, Z. Projeto de Máquinas de Fluxo - Tomo I - Base Teórica e Experimental, Interciência, Rio de Janeiro, 2011

SOUZA, Z. Projeto de Máquinas de Fluxo - Tomo II - Bombas Hidráulicas com Rotores Radiais e Axiais, Interciência, Rio de Janeiro, 2011

#### Bibliografia Complementar:

DIXON, Sydney Lawrence. Fluid mechanics, thermodynamics of turbomachinery. 2. ed. Oxford: Pergamon, 1975. 258 p.

PFLEIDERER, Carl; PETERMANN, Hartwig. Máquinas de fluxo. Trad. de Ana Lucia Serio de Almeida, José Abel Royo dos Santos, Zulcy de Souza. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 1979. 454 p. ISBN 85-216-0028-3.

SCHREIBER, Gerhard Paul. Usinas hidrelétricas. São Paulo, SP/Rio de Janeiro, RJ: Edgard Blücher, Engevix, 1977. 235 p.

STEPANOFF, A. J. Centrifugal and axial flow pumps: theory, design, and application. 2. ed. New York: John Wiley, 1966. 462 p.

TURTON, R. K. Principles of turbomachinery. London: E & F N, 1984. 199 p.

### SOFTWARES NECESSÁRIOS PARA A DISCIPLINA

ANSYS CFD, Microsoft Excel, Xfoil, QBlade

### INFORMAÇÕES SOBRE PROVAS E TRABALHOS

A disciplina contará com os seguintes instrumentos de avaliação  
Duas provas (MP) e trabalhos (MT) Dentro do grupo trabalhos, os alunos desenvolverão:

Exercícios em sala de aula - Mex - Peso 1 (k1)

Quizzes via Moodle antes de cada aula - Mquiz ; Peso 1 (k2)

Debate - Mdeb - Peso 3 (k3)



Relatórios de laboratório - Mlab - Peso 2 (k4)  
Projeto integrador - Mint - Peso 2 (k5)  
Exercício de simulação CFD - Mcfd - Peso 2 (k6)

Peso de MP (kp) = 0,6

Peso de MT (kt) = 0,4

A nota MT será multiplicada por um coeficiente x, relativo à presença para as atividades via Moodle. Presença na atividade significa resolver as atividades

Frequência maior que 80%, X=1

Frequência entre 50 e 80%, X=0,3

Frequência inferior a 50%, X=0

A primeira prova da disciplina será mediada por tecnologia e consistirá na resolução de exercícios em duplas, durante tempo determinado, que será submetida via Moodlerooms para avaliação do professor. A atividade será realizada com o auxílio do Collaborate para que o professor acompanhe os alunos e esclareça eventuais dúvidas.



OUTRAS INFORMAÇÕES



## APROVAÇÕES

Prof.(a) João de Sa Brasil Lima  
Responsável pela Disciplina

Prof.(a) Susana Marraccini Giampietri Lebrao  
Coordenadora do Curso de Engenharia Mecânica

Núcleo Docente Estruturante (NDE)

Data de Aprovação:





PROGRAMA DA DISCIPLINA		
Nº da semana	Conteúdo	EAA
1 T	Semana de Recepção aos Calouros	0
2 L	Apresentação do Curso. Atividade sobre Problemática Energética	41% a 60%
3 T	Máquinas de Transformação de Energia: Definições, conceitos, grandezas em modelo. Características e parâmetros de seleção: rotação específica	11% a 40%
4 L	Máquinas de Transformação de Energia: associação de rotores, equação da energia, equação fundamental, triângulo de velocidades, curvas características (catálogos de fabricantes), teoria de semelhança	11% a 40%
5 T	Cavitação. Exercícios - Máquinas de Transformação de Energia e Cavitação	11% a 40%
6 L	Aproveitamentos Hidrelétricos: potência instalada, elementos de uma usina, instalações reversíveis, turbinas hidráulicas, elementos de turbinas, mancais, análise de formas construtivas	11% a 40%
7 T	Aproveitamentos Hidrelétricos: transformação de energia em turbinas, triângulo de velocidades em turbinas, máquinas de ação e máquinas de reação	11% a 40%
8 L	FERIADO	0
9 T	Exercícios em Grupo - Atividade Peer Learning	91% a 100%
10 L	SEMANA DE PROVAS P1 (Esta disciplina não tem prova aqui)	0
11 T	Sistemas de recalque: morfologia das instalações, perda de carga em condutos, levantamento da curva do sistema. Exemplos	1% a 10%
12 L	Laboratório - Turbina Pelton	91% a 100%
13 T	Laboratório - Turbina Pelton	91% a 100%
14 L	Exercícios sobre sistemas de recalque e dimensionamento de uma instalação de bombeamento	91% a 100%
15 T	SMILE	0
16 L	DEBATE	91% a 100%
17 T	FERIADO	0
18 L	Revisão - P1	11% a 40%
19 T	SEMANA DE PROVAS P2 - Primeira Prova da Disciplina	91% a 100%
20 L	SEMANA DE PROVAS P2 - Primeira Prova da Disciplina	91% a 100%
21 L	PROVAS SUBSTITUTIVAS (Esta disciplina não tem prova aqui)	0
22 T	Exercícios sobre sistemas de recalque e dimensionamento de uma instalação de bombeamento	91% a 100%



23 L	Sistemas de recalque: curvas características de bombas hidráulicas de fluxo, curvas para cada tipo de rotor, influências externas sobre as curvas, ponto de operação e controle de operação, aspectos construtivos	11% a 40%
24 T	Energia eólica: definições, conceitos, cenário brasileiro e mundial, tipos de turbinas e escoamento ao redor das pás	11% a 40%
25 L	Conversão de energia em turbinas eólicas e o processo de siting	11% a 40%
26 T	Exercício: Conversão em turbina eólica, siting	91% a 100%
27 L	Ventiladores	11% a 40%
28 T	SEMANA DE PROVAS P3 (Esta disciplina não tem prova aqui)	0
29 L	Laboratório: Ensaio de Bomba Hidráulica de Fluxo	91% a 100%
30 T	Laboratório: Ensaio de Bomba Hidráulica de Fluxo	91% a 100%
31 L	Simulação de uma bomba hidráulica de fluxo no ANSYS-CFX	61% a 90%
32 T	Simulação de um Ventilador no ANSYS-CFX	61% a 90%
33 L	Simulação de um Compressor no ANSYS-CFX	61% a 90%
34 T	Exercício: Simulação de uma bomba hidráulica de fluxo em Ansys	61% a 90%
35 L	Revisão - P2	11% a 40%
36 T	SEMANA DE PROVAS P4 - Segunda Prova da Disciplina	91% a 100%
37 L	SEMANA DE PROVAS P4 - Segunda Prova da Disciplina	91% a 100%
38 T	Discussão da P2	0
39 L	Revisão - PSUB	11% a 40%
40 T	PROVAS SUBSTITUTIVAS - Prova substitutiva da disciplina	91% a 100%

Legenda: T = Teoria, E = Exercício, L = Laboratório