



PÓS-GRADUAÇÃO

EM SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Análise Numérica de escoamentos Utilizando
Dinâmica dos Fluidos Computacional

Análise Numérica Estrutural Utilizando o
Método dos Elementos Finitos



Brasil

Florianópolis

Rua Orlando Phillipi, 100
Edifício Techplan, 1º andar
Saco Grande, 88032-700
+55 48 3953 0000

São Paulo

Rua do Rocio, 423
International Trade Center,
10º andar, Conjunto 1001/1002
Vila Olímpia, 04552-000
+55 11 3046 5744

Rio de Janeiro

Avenida Presidente Vargas,
2555 Edifício Presidente Business
Center, Sala 1003, Cidade Nova,
20210-031
+55 21 3293 1300

Argentina

Córdoba

Av. La Voz del Interior, 7000
Ciudad Empresaria,
Edifício Miragolf, Oficina 214
Zona Norte Córdoba, X5008HLD
+54 9351 252 8021

Chile

Santiago

Alfredo Barros Errázuriz, 1954
Edifício Manager, Oficina 410
Providencia, 7500521
+56 2 2946 1329
+56 9 4430 2629

Colômbia

Bogotá

Carrera 7, 71-21
Edifício BVC, Torre B, Oficina 1502
Chapinero Norte, 110231
+57 1 319 2636
+57 1 319 2637

Espanha

Barcelona

Plaça Josep Pallach, 2
Horta-Guinardó, 08035
+34 934 285 426

Estados Unidos

Houston

810 Hwy 6 S
Suite 208, 77079
+1 832 243 1362

Boston

300 Tradecenter Drive,
Suite 3590, 01801

México

Ciudad de México

+52 7228385974

Peru

Lima

Calle Mártir Olaya, 169
Centro Empresarial Jose Pardo,
Torre C, Oficina 908
Miraflores, 15074
+51 1 243 8158

Portugal

Marinha Grande

Estrada de Leiria, 212
Edifício Pinus Park, Fracção M
Marinha Grande, 2430-091
+351 968 527 341

 /ESSSgroup

 /company/esss

 /ESSSgroup

[WWW.ESSS.CO](http://www.esss.co)



iESSS

O Instituto ESSS de Educação, Pesquisa e Desenvolvimento (iESSS) é composto por uma equipe técnica com grande conhecimento da física dos problemas de engenharia, sua modelagem matemática e simulação computacional.

As atividades do iESSS estão focadas no trabalho integrado com clientes e parceiros e na busca por soluções que possibilitem a redução do tempo de desenvolvimento de produtos, otimização de processos e a melhoria do desempenho de produtos.

O iESSS mantém um estreito relacionamento com universidades e centros de pesquisa e investe constantemente no aprimoramento de sua equipe. Esta é uma estratégia fundamental empregada para facilitar a transferência de tecnologia para a indústria e agregar valor aos serviços oferecidos aos clientes.





Cursos de capacitação

Os cursos do iESSS reúnem conhecimentos práticos e teóricos de aplicação imediata e oferecem a formação adequada para engenheiros e designers aproveitarem ao máximo os recursos disponíveis em softwares comerciais de simulação computacional.

- Mais de 60 Cursos de Curta Duração
- Pós-Graduação em Simulação Computacional
- In-house, On-site, On-line



Informações e inscrições

Entre em contato conosco e fale com nossos consultores educacionais

 +55 (48) 3953-0063

 cursos@esss.co

 www.esss.co/iesss



Objetivo Geral

O curso destina-se à capacitação e atualização de profissionais das várias áreas de engenharia e oferece ferramentas imprescindíveis para a realização de simulações computacionais de diferentes aplicações com o uso de softwares comerciais. Além disso, proporciona aos participantes a fundamentação e conhecimentos teóricos e práticos de aplicação imediata no exercício profissional.



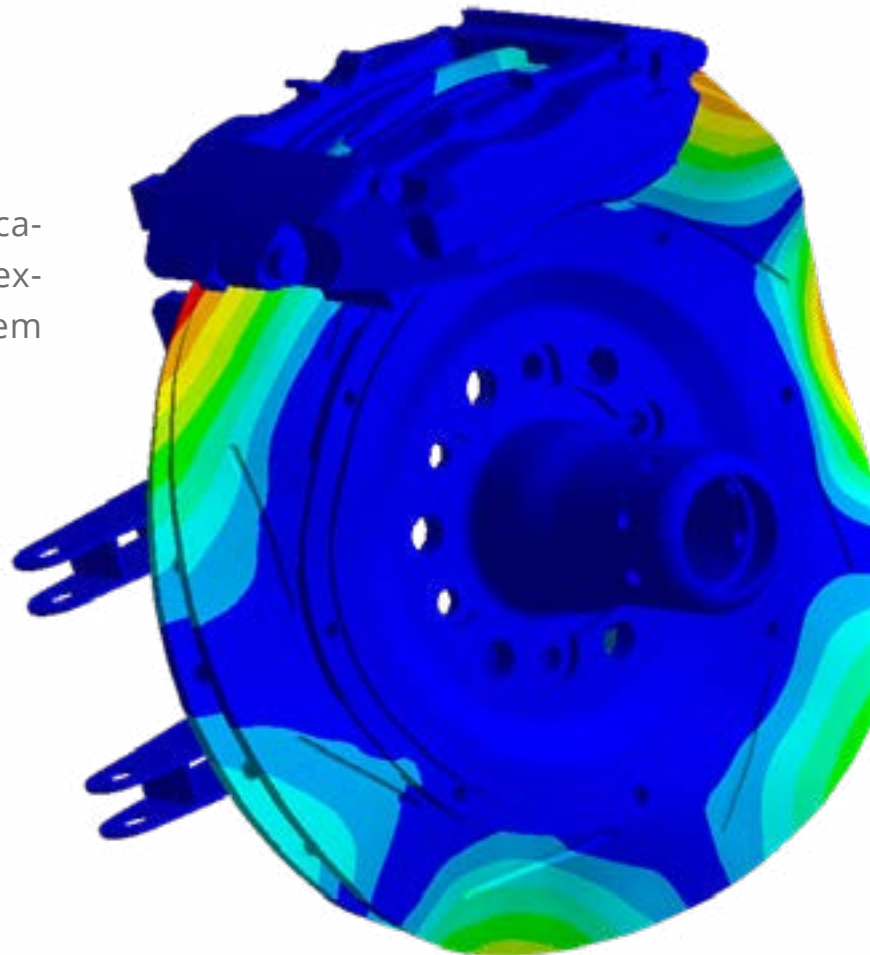
Metodologia

O foco do curso é a formação prática do profissional, usando a teoria associada como ferramenta de entendimento, tanto das fenomenologias como das técnicas numéricas e computacionais. Assim, o aluno compreenderá a física dos problemas estudados, sendo capaz de realizar atividades práticas de simulação de sistemas complexos e reais de engenharia.



Público-alvo

Profissionais da indústria ou academia que pretendem adquirir experiência nas áreas de modelagem numérica.





Pré-requisito

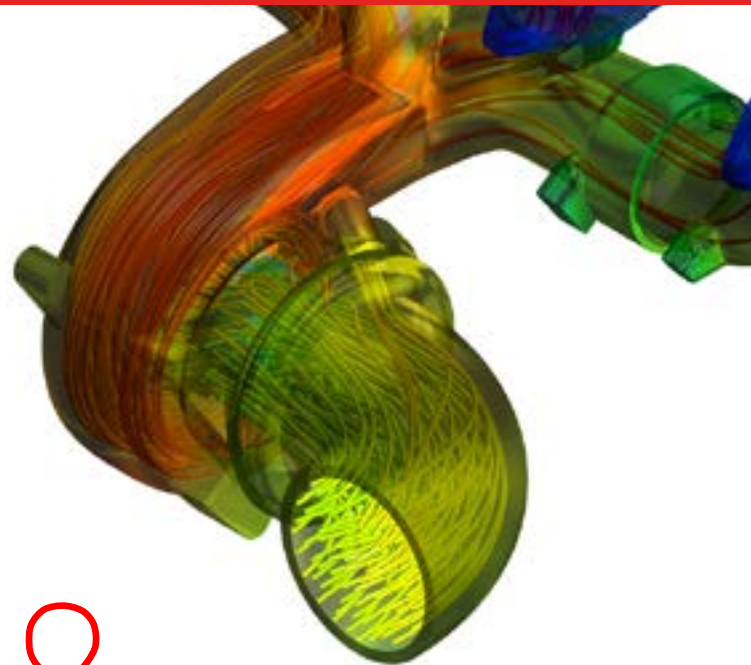
Graduação em Engenharia, Matemática, Física, Química ou Tecnologia. Não é necessário conhecimento prévio em modelagem numérica.



Certificação

O diploma de Pós-graduação em Nível Profissional é expedido pelo Instituto ESSS que é a maior Escola de Simulação Computacional da América do Sul e posicionada entre as 5 maiores do mundo. A ESSS assegura a qualidade do curso através de sua experiência e reconhecimento como referência em Simulação Computacional.

- Frequência mínima de 75% (setenta e cinco por cento) da carga horária de cada disciplina;
- Nota final igual ou superior a 7 (sete) em cada disciplina;
- Aprovação do Trabalho de Conclusão de Curso.



Corpo Docente

O corpo docente é formado por especialistas do Instituto ESSS e professores convidados de outras Instituições de Ensino Superior, com sólida formação em ensino, pesquisa, extensão e consultoria. Profissionais da indústria ministrarão palestras cujo objetivo é alinhar ainda mais o conhecimento às necessidades prementes do mercado profissional.

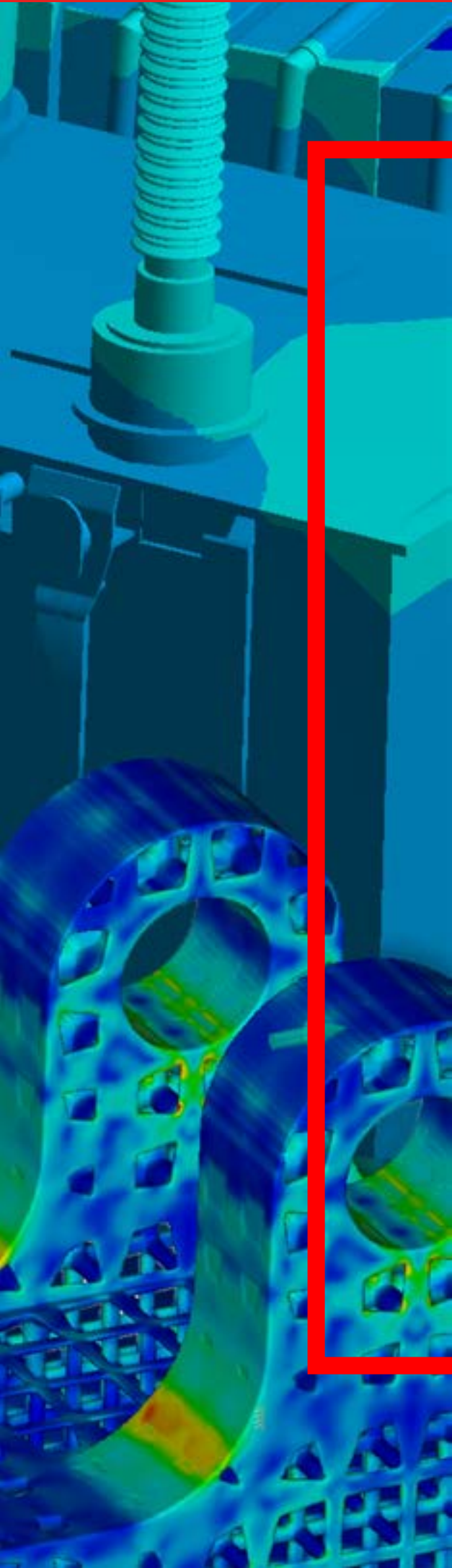
Coordenadores de Curso:

Giuseppe Mirlisenna, M.Sc. - iESSS

Martin Poulssen Kessler, PhD. - iESSS

Carlos Eduardo Fontes - D.Sc. - iESSS





EMENTA

ANÁLISE NUMÉRICA ESTRUTURAL UTILIZANDO O MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

Modalidade: Presencial / Online

Idioma: Português / Espanhol

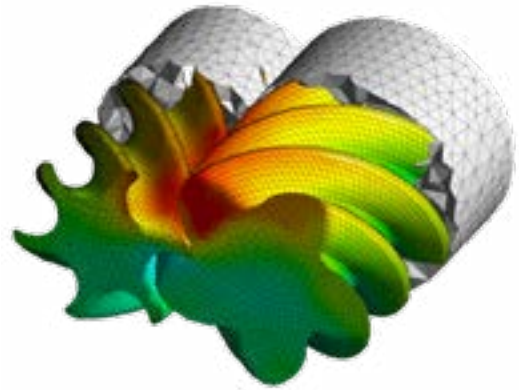
1**Fundamentos de Mecânica dos Sólidos**

1. Fundamentos de Teoria das Estruturas;
2. O conceito de tensão;
3. Estado simples de tensões e transformação em planos oblíquos;
4. Estado plano de tensões - Soluções analíticas e gráficas pelo círculo de Mohr;
5. Vaso de pressão de parede fina;
6. Esforços internos, tensões atuantes e deformações em barras - força normal, momento fletor, momento torçor e força cortante;
7. Esforços combinados;
8. Revisão da teoria de vigas;
9. Introdução ao estado triplo de tensões e tensão de cisalhamento absoluta;
10. Critérios de resistência para materiais dúcteis e frágeis;
11. Relação entre tensão e deformação em regime elástico linear e propriedades físicas;
12. Lei de Hooke generalizada;
13. Equações gerais de transformação utilizadas em extensometria;
14. Métodos de Energia;
15. Instabilidade por flambagem.



2 Métodos Numéricos em Engenharia

1. Exemplos de programação e algoritmos;
2. Erros em cálculo numérico;
3. Raízes de equações;
4. Resolução de sistemas de equações;
5. Interpolação;
6. Integração;
7. Resolução de equações diferenciais;
8. Introdução ao método dos Elementos Finitos.



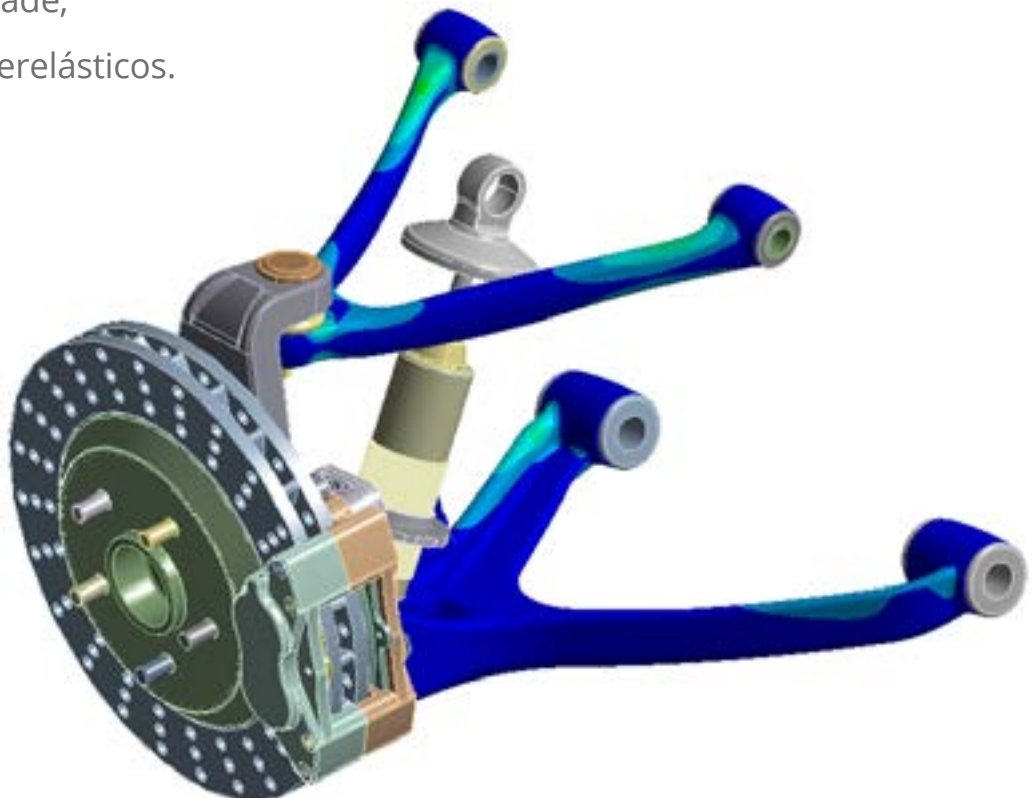
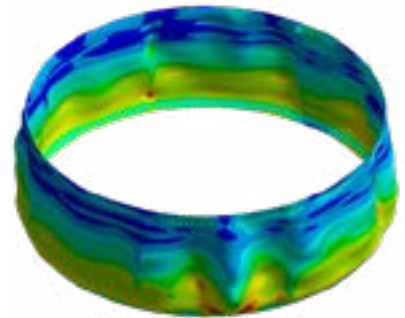
3 Introdução ao Método dos Elementos Finitos

1. Introdução à simulação utilizando MEF (Método dos Elementos Finitos);
2. Apresentação das etapas de modelagem e recursos dos softwares;
3. Introdução à análise matricial utilizando elementos de molas;
4. Formulação dos elementos de treliça e viga;
5. Introdução a formulação geral e apresentação das funções de forma utilizando elementos de EPT;
6. Formulação dos elementos sólidos;
7. Técnicas de geração de malha;
8. Definição da matriz de rigidez do elemento e formulação isoparamétrica;
9. Integração utilizada nos softwares e problemas numéricos;
10. Singularidade numérica e utilização de simetria;
11. Introdução à formulação e utilização do elemento de casca;
12. Técnicas de modelagem utilizando elementos de casca e barras;
13. Aplicação de elementos de EPT, EPD e assiximétricos;

14. Conceitos para a seleção da utilização de elementos sólidos, de casca e barras;
15. Apresentação dos recursos para a aplicação de condições de contorno;
16. Introdução à linguagem APDL;
17. Apresentação da técnica de submodelagem.

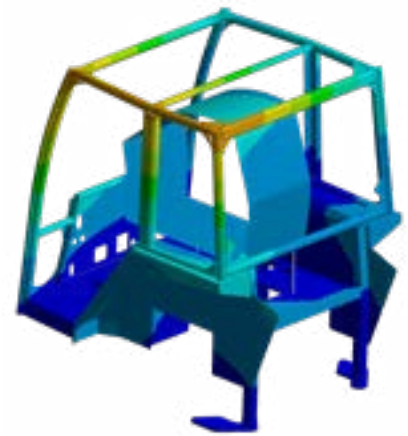
4 Materiais de Engenharia

1. Materiais para aplicações mecânicas;
2. Modelo constitutivo e lei constitutiva;
3. Ensaios de materiais;
4. Deformação elástica;
5. Deformação plástica;
6. Teoria geral da plasticidade e critérios de escoamento;
7. Regra de fluxo e função de encruamento;
8. Modelos avançados de plasticidade;
9. Fluência;
10. Viscoelasticidade;
11. Materiais hiperelásticos.



5 **Análise Não-Linear:** Geométrica, de Material e de Contato

1. Introdução à não-linearidade;
2. Tipos de não linearidade;
3. Método de Newton-Raphson;
4. Avaliação da convergência;
5. Não-linearidade geométrica com grandes deslocamentos e deformações;
6. Matriz de rigidez tangente;
7. Não-linearidade de material;
8. Configurações e revisão dos resultados;
9. Não-linearidade de contato;
10. Tipos e formulações de contato;
11. Verificação e solução de problemas de contato;
12. Flambagem linear e não-linear;
13. Elementos de fixação;
14. Diagnósticos e recomendações para modelos não-lineares.



6 **Análise Modal e Dinâmica:** Fundamentos e Modelagem Computacional

1. Introdução à análise dinâmica;
2. Amortecimento;
3. Análise Modal;
4. Algoritmos de autovalores;
5. Fator de participação modal e massa efetiva;
6. Análise Harmônica;
7. Análise Transiente Implícita;
8. Análise Espectral;
9. Análise de Vibração Aleatória.



7 Análise de Transferência de Calor: Fundamentos e Modelagem Computacional

1. Introdução à transferência de calor;
2. Métodos de transferência de calor;
3. Propriedades térmicas;
4. Condições de contorno térmicas;
5. Modelagem numérica;
6. Não-linearidade térmica;
7. Análise térmica transiente;
8. Radiação;
9. Condução entre corpos;
10. Coeficiente de convecção;
11. Acoplamento termoestrutural.



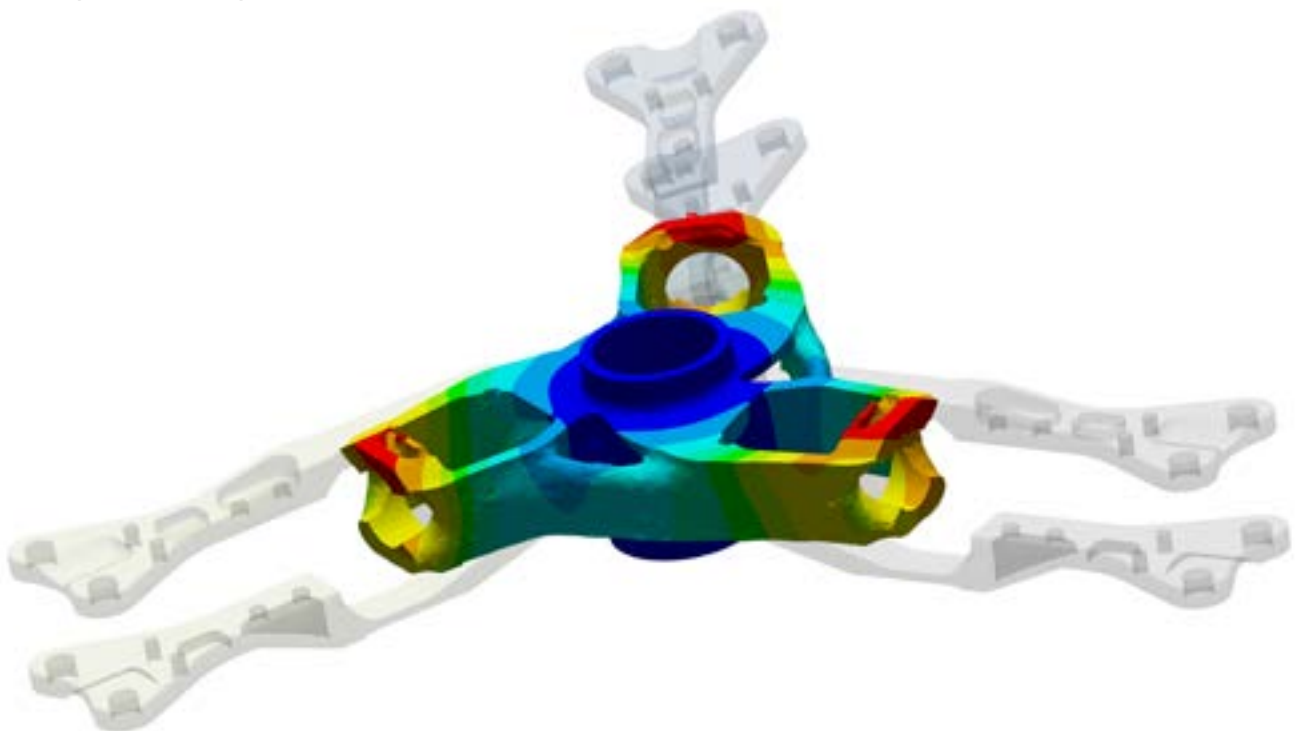
8 Mecânica da Fratura e Análise de Fadiga: Fundamentos e Modelagem Computacional

1. Introdução ao estudo de fadiga;
2. Características das falhas por fadiga e propriedades básicas dos materiais estruturais;
3. Métodos tradicionais de dimensionamento a fadiga (SN, Epsilon-N);
4. Conceitos básicos da metodologia do estudo da fadiga no domínio da Frequência;
5. Seleção da metodologia de acordo com o carregamento imposto e ferramentas de análise disponíveis;
6. A abordagem mesoscópica de Lin-Taylor, Dang Van e Papadopoulos e sua aplicação na indústria automobilística;
7. Estimativas de curvas SN e Epsilon-N;
8. Estimativas e relações entre as constantes Epsilon-N;
9. Solicitações de amplitude variável;

10. Fadiga multiaxial e fator de correção de Neuber;
11. Método Rain Flow, efeito do carregamento médio, regra de acúmulo de dano de Palmgreen-Miner;
12. Definição da Mecânica da Fratura e leis de propagação;
13. O conceito da taxa de liberação de Energia de Griffith;
14. Análise de tensões na ponta da trinca;
15. O conceito do intensificador de tensões (K) e do cálculo da Integral (J).

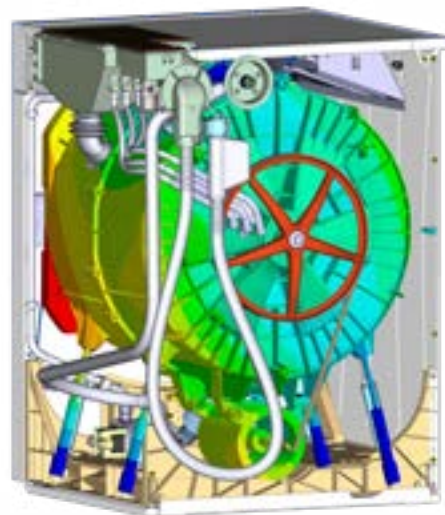
9 Análise Dinâmica Explícita

1. Introdução à dinâmica explícita;
2. Tipos de elementos e considerações gerais sobre malha;
3. Contatos e elementos de fixação;
4. Materiais e parâmetros de solução;
5. Condições de contorno, carregamentos e considerações sobre casos padrão;
6. Pós-processamento;
7. Tópicos complementares.



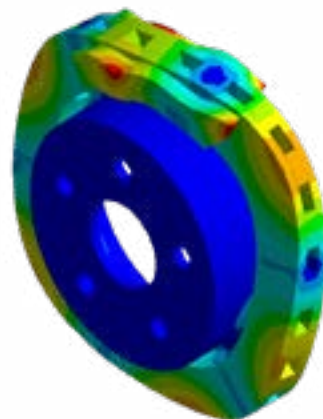
10 Modelagem de Física Acopladas (Multiphysics)

1. Introdução à Dinâmica de Fluidos Computacional (CFD);
2. Condições de contorno;
3. Métodos de solução;
4. Turbulência;
5. Boas práticas;
6. Interação fluido-estrutura (FSI);
7. Tipos de transferência de carregamento;
8. Transferência de dados;
9. Configuração e convergência;
10. Movimentação de corpos rígidos.

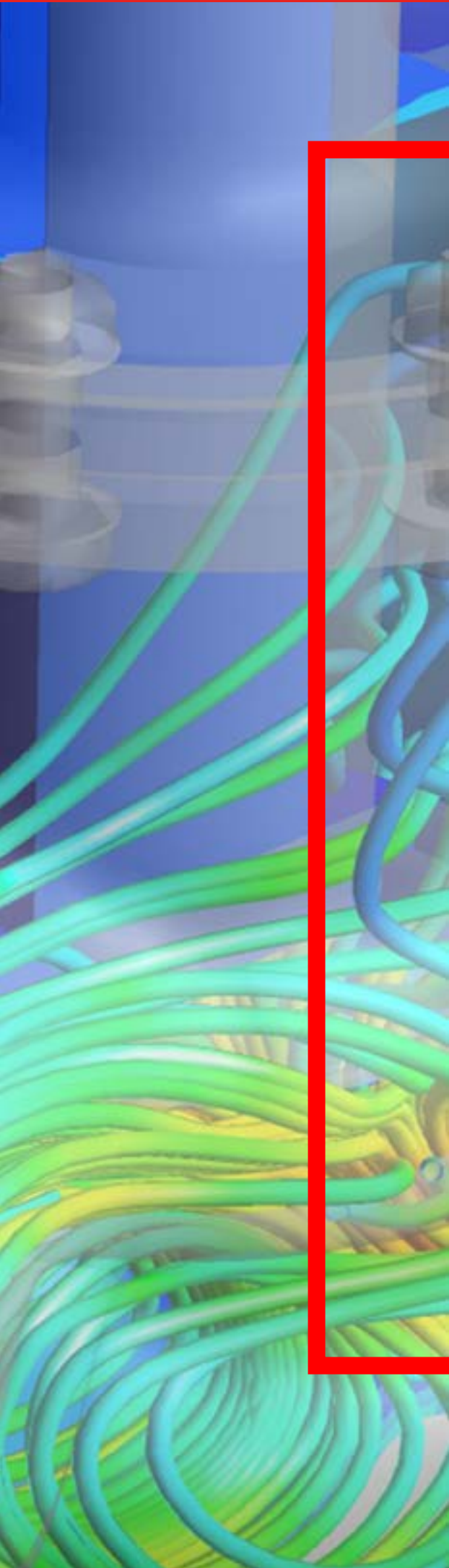


11 Técnicas de Otimização de Projeto

1. Introdução à otimização de projeto;
2. Introdução ao problema inverso;
3. Meta-modelagem;
4. Análise de correlações e DOE;
5. Algoritmos Mono Objetivo;
6. Algoritmos Multiobjetivo.



12 Apresentação dos Trabalhos de Conclusão de Curso



EMENTA

ANÁLISE NUMÉRICA DE ESCOAMENTOS UTILIZANDO DINÂMICA DOS FLUIDOS

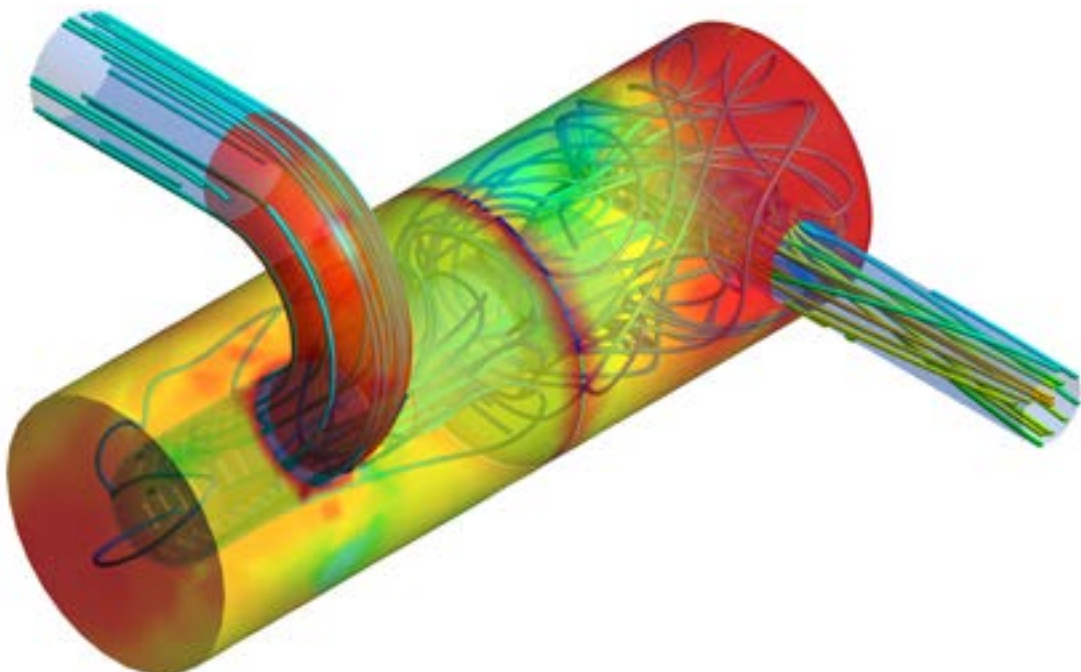
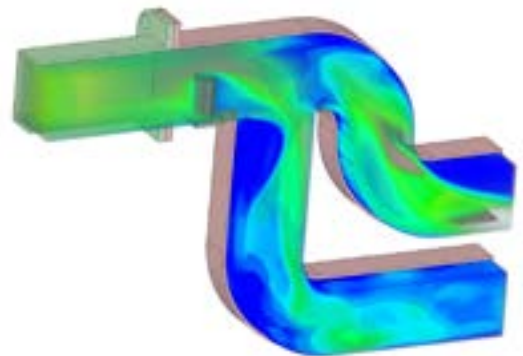
Modalidade: Presencial / Online

Idioma: Português / Espanhol

1

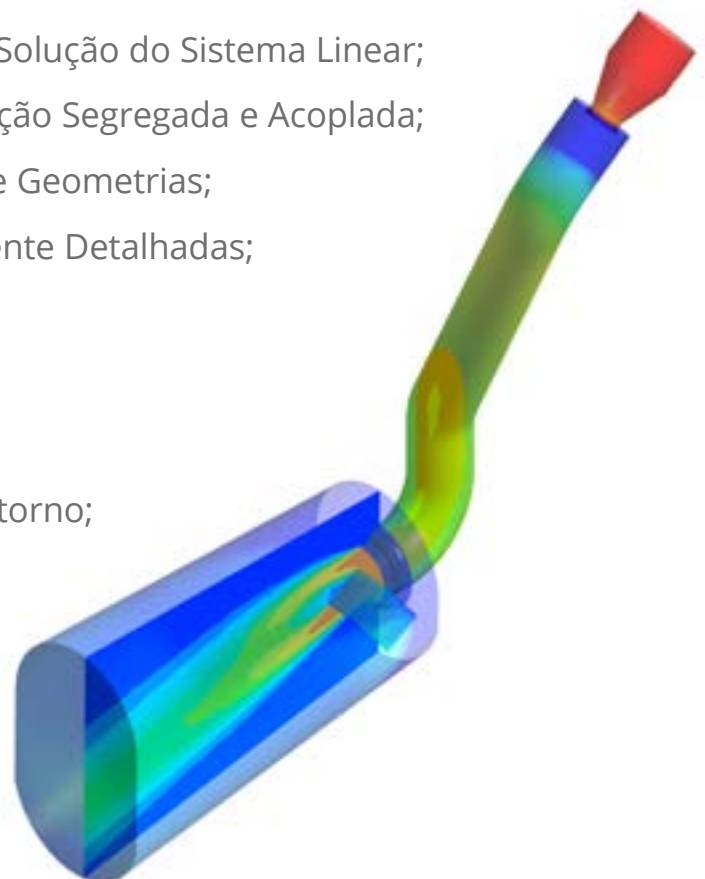
Fundamentos de Mecânica dos Fluidos

1. Propriedades Físicas dos Sólidos;
2. Propriedades Físicas dos Líquidos;
3. Propriedades Físicas dos Gases;
4. Propriedades Físicas das Forças Intermoleculares;
5. Definição de Meio Contínuo;
6. Coordenadas Eulerianas e Lagrangeanas;
7. Derivada Material;
8. Teorema de Transporte de Reynolds;
9. Introdução à Cinemática de escoamentos;
10. Equações de Conservação de Massa;
11. Equações de Euler;
12. Equação de Navier Stokes;
13. Equações de Conservação de Energia;
14. Equações Constitutivas;
15. Introdução ao escoamento compressível.



2 Introdução à CFD: Dos Fundamentos às Aplicações Industriais

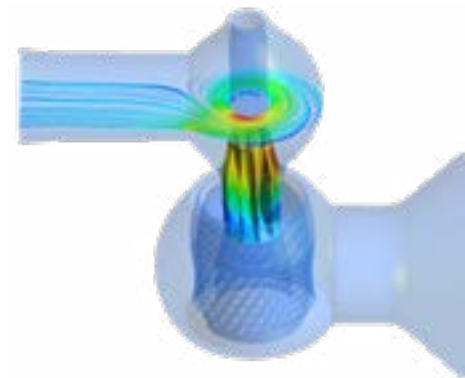
1. Introdução aos Conceitos Gerais;
2. Histórico do Desenvolvimento de CFD;
3. Comparações entre Abordagens Analítica, Numérica e Experimental;
4. Aplicações aos Diferentes Tipos de Física;
5. Perspectivas da Técnica de CFD;
6. Técnicas de CFD;
7. Revisão das Equações de Navier-Stokes;
8. Discretização das Equações Governantes de Mecânica dos Fluidos utilizando o Método dos Volumes Finitos Tradicional e o Método dos Volumes Finitos baseado em Elementos Finitos;
9. Formulações Explícita e Implícita;
10. Métodos de Solução do Sistema de Equações: Segregado e Acoplado;
11. Formulações Pressure-Based e Density-Based;
12. Métodos iterativos para Solução do Sistema Linear de Equações;
13. Esquemas Upwind;
14. Métodos Multigrid para Aceleração da Solução do Sistema Linear;
15. Acoplamento Pressão-Velocidade: Solução Segregada e Acoplada;
16. Geração, Importação e Simplificação de Geometrias;
17. Tratamento de Geometrias Extremamente Detalhadas;
18. Conceito de Domínio;
19. Técnicas de Geração de Malhas;
20. Tipos de Domínios;
21. Definição e Tipos de Condições de Contorno;



22. Ajuste de Parâmetros Numéricos, Configuração dos Dados de Saída;
23. Comparação entre Soluções em Regime Permanente e Transiente;
24. Geração de Malhas;
25. Configuração e Localização de Condições de Contorno;
26. Parâmetros Numéricos;
27. Análise Paramétrica;
28. CFD como Ferramenta Auxiliar em Processos de Otimização;
29. Malhas Deformáveis;
30. Malhas Adaptativas;
31. Modelo 6-DOF;
32. Método da Fronteira Imersa.

3 **Escoamentos Turbulentos: Fundamentos e Modelagem Computacional**

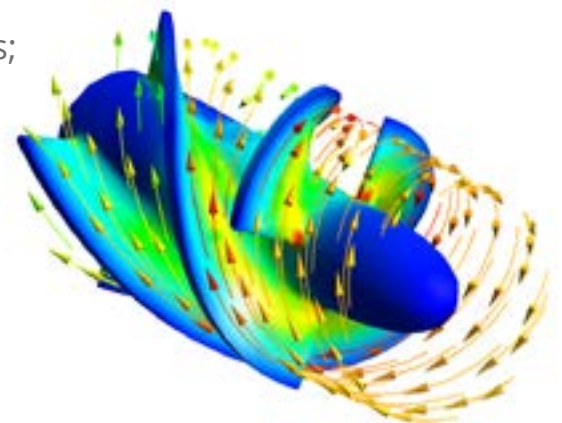
1. Introdução;
2. Modelagem Clássica da Turbulência;
3. Equações Médias de Reynolds (RANS + URANS);
4. Hipótese de Boussinesq (Viscosidade Turbulenta);
5. Modelos a Zero, Uma Equação e Duas Equações;
6. Modelos Baseados no Transporte das Tensões Turbulentas (RSM);
7. Modelos com Adaptação de Escalas (SAS);
8. Tratamento Próximo à Parede;
9. Camada-Limite e Lei de Parede;
10. Detalhes de Geração de Malha para Camada-Limite;
11. Modelos de Lei de Parede Implementados;
12. Simulação de Grandes Escalas (LES);
13. Fundamentos da Simulação de Grandes Escalas;
14. Modelos Sub-malha para Simulação de Grandes Escalas;



15. Comentários sobre DNS (Simulação Numérica Direta);
16. Turbulência em escoamentos Multifásicos e com Empuxo;
17. Modelagem de escoamentos Turbulentos Euler-Lagrange;
18. Modelagem de escoamentos Turbulentos Euler-Euler;
19. Modelos de Transição de escoamentos;
20. Parâmetros de Transição de escoamentos;
21. Modelos de Transição a Uma e Duas Equações;
22. Turbulência em escoamentos de Fluidos Não-Newtonianos;
23. Seleção de Modelos para Aplicações Específicas;
24. Fundamentos da Transferência de Calor;
25. Modelos Térmicos;
26. Aplicações de Sistemas Térmicos.

4 **Escoamentos Multifásicos: Fundamentos e Modelagem Computacional**

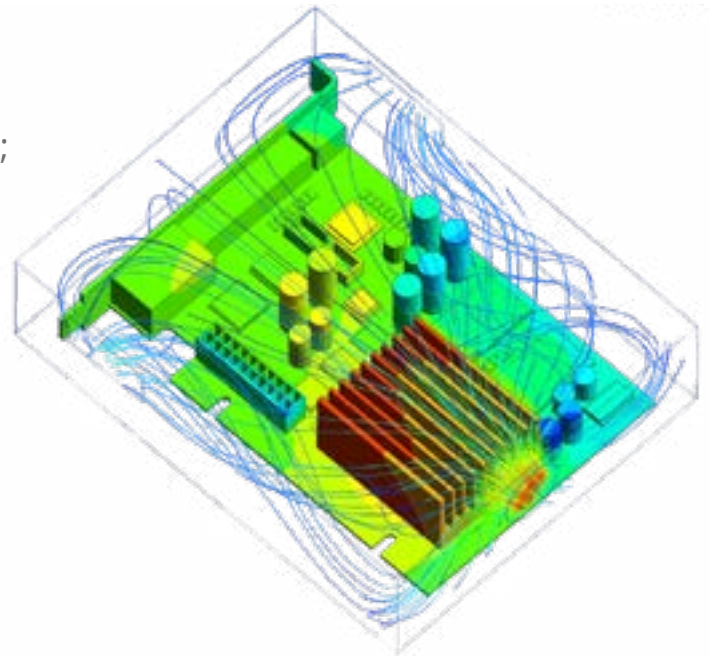
1. Introdução à Classificação dos escoamentos Multifásicos;
2. escoamento Disperso-Contínuo;
3. escoamento Contínuo-Contínuo;
4. Análise de Morfologia de escoamento;
5. Modelagem Matemática: Equações Governantes;
6. Transferência de Quantidade de Movimento;
7. Transferência de Energia;
8. Transferência de Massa;
9. Abordagem Lagrangeana;
10. Abordagem Euleriana;
11. Modelos Homogêneos: VOF e Superfície Livre;
12. Modelos Heterôgeneos: Transferência de Momento Interfacial, Modelo Algébrico; Modelos de Superfície Livre e VOF Multi-Fluido;
13. Seleção de Modelos para Aplicações Específicas.



5

Modelagem Numérica de Sistemas Térmicos

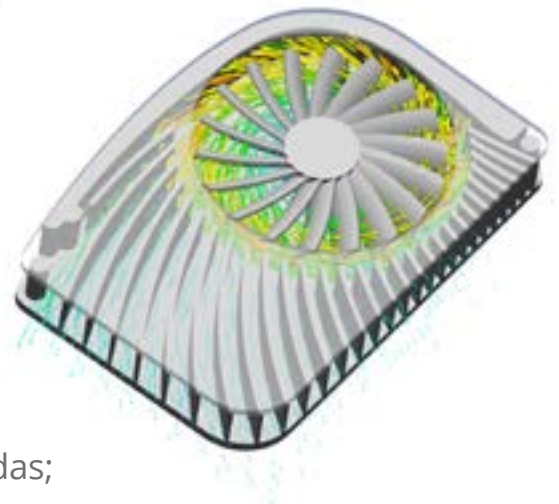
1. Fundamentos da Transferência de Calor;
2. Mecanismo de Transferência de Calor;
3. Equação da Energia;
4. Condução;
5. Convecção;
6. Radiação;
7. Números Adimensionais Relevantes;
8. Modelos Térmicos;
9. Aplicações de Sistemas Térmicos.



6

Escoamentos Reativos e Combustão: Fundamentos e Modelagem Computacional

1. Fundamentos Teóricos da Modelagem de Radiação;
2. Fundamentos Teóricos dos escoamentos Reativos;
3. Modelagem Computacional;
4. Estudos de Caso;
5. Fundamentos Teóricos de Combustão;
6. Introdução a Interação Combustão-Turbulência;
7. Modelagem de Chamas Não Pré-Misturadas;
8. Modelagem de Chamas Pré-Misturadas;
9. Modelagem de Chamas Parcialmente Pré-Misturadas;
10. Modelagem da Combustão de Líquidos e Sólidos.



6 Modelagem de Físicas Acopladas (Multiphysics)

1. Técnicas de Acoplamento;
2. Introdução a Interação Fluido-Estrutura (FSI);
3. Tipos de Transferência de Carregamento;
4. Propriedades de Materiais e Dados de Engenharia;
5. Transferência de Dados Transiente;
6. Tensões Térmicas;
7. Análise Aeroacústica;
8. Interação Fluido-Eletromagnético;
10. Fundamentos da Teoria de Campo Eletromagnético;
11. Análise Magnética e Eletrostática.

7 Seminários em Análises de Aplicações Industriais

1. Seminários de Aplicações Industriais Apresentados por Profissionais das Áreas Automotiva, Turbomáquinas e Válvulas, Óleo e Gás, Offshore, entre outras.

8 Trabalho de Conclusão de Curso

