



Ministério da Educação  
Universidade Federal do Ceará  
Pró-Reitoria de Graduação

PROGRAMA DE DISCIPLINA

1. Curso: Engenharia Mecânica	2. Código : 21
-------------------------------	----------------

3.Modalidade(s):	Bacharelado	X	Licenciatura	
	Profissional		Tecnólogo	
4. Currículo(Ano/Semestre): 2005.1				

5. Turno(s):	Diurno	X	Vespertino		Noturno	
--------------	--------	---	------------	--	---------	--

6. Unidade Acadêmica: Centro de tecnologia
--

7. Departamento: Engenharia Metalúrgica e de Materiais
--

8. Código PROGRAD:	TE175
9. Nome da Disciplina:	Metalurgia da Soldagem

10. Pré-Requisito(s):	Processos de Soldagem
-----------------------	-----------------------

11. Carga Horária/Número de créditos:			
Duração em semanas	Carga Horária Semanal		Carga Horária Total
	Teóricas:	Práticas:	48
Número de Créditos:03		Semestre:	

12. Caráter de Oferta da Disciplina:			
Obrigatória:		Optativa:	X

13. Regime da Disciplina:			
Anual:		Semestral:	X

14. Justificativa:
<p>Dentre os principais processos de fabricação existentes, os processos de soldagem têm destaque especial. No Brasil, a importância destes processos de fabricação segue a tendência mundial e diversos setores da indústria empregam a soldagem como um meio de produção. Considerando as indústrias locais, são várias as empresas situadas na nossa região (ESMALTEC, MECESA, DURAMETAL, GERDAU, Aço Cearense, INACE, PETROBRÁS, MARCOSA, METALIC etc) que empregam processos de soldagem em um ou mais estágios de fabricação e da</p>

manutenção.

Várias universidades já incorporam disciplinas específicas de Processos e Metalurgia da Soldagem na Grade Curricular do Curso de Engenharia Mecânica (UFU, UFSC, COPPE, UFMG, UFRJ etc) por reconhecerem a importância do conhecimento geral destes processos para preparação do futuro engenheiro que atuará junto às empresas do setor de fabricação e manutenção. Acrescenta-se ainda, que a soldagem oferece oportunidade, ao aluno, de aplicação direta de conhecimentos gerais em elétrica, eletrônica, química, materiais, termodinâmica, metalurgia física, metalurgia mecânica e projeto, dentre outras áreas de interesse da Engenharia.

Neste contexto, considerando-se a criação da Disciplina Processos de Soldagem, propõe-se uma nova Ementa para a Disciplina Metalurgia da Solda, com uma redução de quatro (04) para três (03) créditos, em regime semestral.

#### 15. Ementa:

1. Introdução à disciplina
2. Revisão de Processos de Soldagem
3. Revisão de Metalurgia Física
4. Aspectos térmicos da Soldagem
5. Solidificação da poça de fusão
6. Transformações na Zona Fundida
7. Transformações metalúrgicas da ZTA
8. Zona parcialmente fundida
9. Trincas e fissuras
10. Tensões residuais em soldagem
11. Soldagem dos aços ao C-Mn e baixa-liga
12. Soldagem dos aços inoxidáveis

#### 16. Descrição do Conteúdo:

Unidades e Assuntos das Aulas Teóricas	Semana	Nº de Horas-aulas
1. Introdução à disciplina. Apresentação do Professor e da Turma. Importância da soldagem na formação do engenheiro mecânico. A soldagem do ponto de vista do processo e da metalurgia. Apresentação do Pano de Ensino da Disciplina.		
2. Revisão de Processos de Soldagem. Classificação e descrição geral dos processos de soldagem por pressão e por fusão destacando os aspectos de importância para o controle metalúrgico da solda.		

<p>3. Revisão de Metalurgia Física</p> <p>Revisão dos principais aspectos da metalurgia física relacionada às transformações metalúrgicas de uma junta soldada.</p>		
<p>4. Aspectos térmicos da Soldagem.</p> <p>Potência e energia do arco. Energia consumida e aporte térmico. Eficiência de fusão. Intensidade de energia. Fatores que afetam o aporte térmico. Ciclo térmico e repartição térmica. Velocidade de resfriamento.</p>		
<p>5. Solidificação da poça de fusão.</p> <p>Constituição da junta soldada. Solidificação. Nucleação homogênea e heterogênea. Solidificação em soldas. Epitaxia e crescimento competitivo. Super-resfriamento constitucional. Modos de solidificação. Efeitos do modo de solidificação sobre a microestrutura e propriedades mecânica da junta soldada.</p>		
<p>6. Transformações na Zona Fundida.</p> <p>Distribuição de temperaturas no metal líquido. Comportamento físico-químico da poça de fusão. Relação entre o metal fundido e o meio envolvente. Diluição. Diluição na soldagem de materiais dissimilares.</p>		
<p>7. Transformações metalúrgicas da ZTA.</p> <p>Delimitação da zona termicamente afetada - ZTA. ZTA de soluções sólidas. ZTA de ligas endurecidas por encruamento. ZTA de ligas endurecidas por precipitação. ZTA de ligas endurecidas por transformações de fases. ZTA de aços não temperáveis. Regeneração da ZTA na soldagem multipasses.</p>		
<p>8. Zona parcialmente fundida.</p> <p>Constituição da zona parcialmente fundida. Problemas metalúrgicos associados à zona parcialmente fundida.</p>		
<p>9. Trincas e fissuras.</p> <p>Fatores determinantes na ocorrência de trincas. Trinca a quente na cratera do cordão de solda. Trinca a quente no cordão de solda. Trinca a quente na ZTA. Trinca a frio induzida por hidrogênio. Trinca a frio por decoesão lamelar. Trinca de reaquecimento.</p>		
<p>10. Tensões residuais em soldagem.</p> <p>Distribuição de tensões transversais e longitudinais em soldagem. Medição de tensões residuais. Efeito dos parâmetros de soldagem nas tensões residuais. Efeito das tensões residuais nas propriedades mecânicas da junta soldada.</p>		
<p>11. Soldagem dos aços ao C-Mn e baixa liga.</p> <p>O preaquecimento e os domínios de soldabilidade dos aços. Ensaio de soldabilidade. Representação simplificada dos domínios de soldabilidade. Temperatura e tempo de pós-aquecimento. Técnicas de soldagem sem tratamento térmico</p>		

posterior.		
12. Soldagem de aços inoxidáveis. Aspectos gerais relacionados à soldabilidade dos aços inoxidáveis. Diagrama de Scheaffler e Diagrama de De Long. Procedimentos de soldagem para aços inoxidáveis. Soldagem de materiais dissimilares.		

Unidades e Assuntos das Aulas Práticas	Semana	Nº de Horas-aulas
--	--------	-------------------

17. Bibliografia Básica:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Welding Steels Without Hydrogen Cracking, N. Bailey; F. R. Coe et al., Abington Publishing - ASM, 1973</li> <li>• Welding of Ferritic Steels, N. Bailey, Abington Publishing – ASM, 1994</li> <li>• Welding Metalurgy of Stainless Steels, Erich Folkhard, Wien New York, 1984.</li> <li>• Soldagem – Processos e Metalurgia, Emílio Wainer, Sérgio Brand et al., Editora Edgard Blücher Ltda, 1992.</li> <li>• Welding Metallurgy, Sindo Kou, John Wiley &amp; Sons, New York, 1987.</li> <li>• Introduction to the physical metallurgy of welding, Kenneth Easterling, Butterworths &amp; Co (Publishers) Ltda., 1983.</li> </ul>

18. Bibliografia Complementar:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Welding Handbook, 8<sup>th</sup> edition, Volumes 1 a 3, AWS, 1996.</li> <li>• ASM Handbook, Volume 6 - Welding and Brazing, ASM, 1996.</li> <li>• Modern Welding Technology, 4<sup>th</sup> Edition, Howard B. Cary, Editora Prentice Hall, 1997</li> <li>• Welding Principles and Applications, 4<sup>th</sup> Edition, Larry Jeffus, Editora Pelmar Publishers, 1998.</li> <li>• Control of Microstructures and Properties in Steel Arc Welds, Svensson, Lars-Erick CRC Press, 1994.</li> <li>• Soldagem – Processos e Metalurgia, Emílio Wainer, Sérgio Brand et al., Editora Edgard Blücher Ltda, 1992.</li> <li>• Advanced Welding Process, J. Norrish, IOP Publishing Ltd., 1992.</li> <li>• The Physics of Welding, J. F. Lancaster, Edited by Lancaster, IIW, 1975</li> </ul>

19. Avaliação da Aprendizagem:

20. Observações:

A ementa descrita deve proporcionar ao aluno:

- o conhecimento dos principais aspectos relacionados à metalurgia da soldagem por pressão e por fusão;
- o entendimento dos fenômenos físicos da soldagem que afetam a metalurgia dos materiais envolvidos;
- a capacitação para identificar as relações existentes entre os parâmetros de soldagem e as transformações metalúrgicas do metal de solda e da ZAC;
- o desenvolvimento de procedimentos de soldagem considerando o controle metalúrgico;

21. Aprovação do Colegiado da Coordenação do Curso:	
Nº da ata da Reunião: _____/_____/_____	Data de Aprovação: ____/____/____
 _____ Coordenador(a) de curso (Assinatura e Carimbo)	

22. Aprovação do Colegiado Departamental:	
Nº da ata da Reunião: _____/_____/_____	Data de Aprovação: ____/____/____
 _____ Chefe(a) do Departamento (Assinatura e Carimbo)	

23. Aprovação do Conselho de Centro/Faculdade/Instituto/Campus:	
Nº da ata da Reunião: _____/_____/_____	Data de Aprovação: ____/____/____
 _____ Diretor(a) (Assinatura e Carimbo)	

24. Aprovação do Conselho de Ensino, Pesquisa e Ensino:	
Nº da ata da Reunião: _____/_____/_____	Data de Aprovação: ____/____/____
 _____ Presidente(a) do Conselho (Assinatura e Carimbo)	