



Serviço Público Federal  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense  
Pró-Reitoria de Ensino

<b>DISCIPLINA:</b> Transformação de Fases dos Metais	
<b>Vigência:</b> a partir de 2018/1	<b>Período letivo:</b> eletiva
<b>Carga horária total:</b> 30h	<b>Código:</b> PF.EM.87
<b>Ementa:</b> Princípios termodinâmicos aplicados as transformações de fases. Transformações de fases líquidas e sólidas. Formação e desenvolvimento de fases em sistema ferro-carbono.	

## Conteúdos

### UNIDADE I – Introdução

- 1.1 Conceitos Gerais
- 1.2 Estados de Equilíbrio Termodinâmico
- 1.3 Aplicação dos conceitos de equilíbrio termodinâmico
- 1.4 Estrutura dos materiais metálicos

### UNIDADE II – Termodinâmica do Equilíbrio de Fases

- 2.1 Princípios básicos
- 2.2 Primeira lei da termodinâmica
- 2.3 Segunda lei da termodinâmica
- 2.4 Energia Livre de Gibbs
- 2.5 Entalpia
- 2.6 Capacidade calorífica e calor específico
- 2.7 Calor latente
- 2.8 Sistemas de composição variável

### UNIDADE III – Sistemas Materiais com Apenas um Componente

- 3.1 Variação da energia livre em sistemas de um componente
- 3.2 Regra de fases
- 3.3 Relações entre energia livre e propriedades das fases
- 3.4 Sistemas com um componente e pressão constante
- 3.5 Sistemas com um componente e pressão variável
- 3.6 Alotropia e polimorfismo

### UNIDADE IV - Diagramas de Fases

- 4.1 Ligas metálicas
- 4.2 Sistemas materiais isomorfos com dois componentes
- 4.3 Sistemas materiais com dois componentes que apresentam reações invariantes
- 4.4 Sistemas materiais com três componentes
- 4.5 Sistemas materiais com mais de três componentes

### UNIDADE V - Difusão Atômica

- 5.1 Conceitos gerais
- 5.2 Equacionamento matemático
- 5.3 Principais soluções analíticas da segunda lei de Fick
- 5.4 Mecanismos de movimentação de átomos por difusão
- 5.5 Coeficiente de difusão
- 5.6 Difusão em ligas binárias substitucionais
- 5.7 Difusão em superfícies e contornos de grão



Serviço Público Federal  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense  
Pró-Reitoria de Ensino

#### UNIDADE VI - Nucleação e Crescimento de Fases

- 6.1 Conceitos gerais
- 6.2 Interfaces entre fases
- 6.3 Nucleação
- 6.4 Crescimento
- 6.5 Transformações de fases no estado sólido

#### UNIDADE VII - Solidificação

- 7.1 Conceitos Gerais
- 7.2 Solidificação de metais puros
- 7.3 Solidificação de ligas metálicas
- 7.4 Interfaces facetadas e não facetadas
- 7.5 Transferência de calor no processo de solidificação

#### UNIDADE VIII - Recuperação e Recristalização

- 8.1 Conceitos gerais
- 8.2 Deformação plástica e estrutura
- 8.3 Energia de deformação
- 8.4 Recuperação
- 8.5 Recristalização
- 8.6 Crescimento de grãos recristalizados
- 8.7 Recristalização secundária

#### UNIDADE IX - Endurecimento por Precipitação

- 9.1 Conceitos gerais
- 9.2 Tratamento de solubilização e precipitação
- 9.3 Mecanismos de endurecimento por precipitação
- 9.4 Formação de precipitados da segunda fase
- 9.5 Influência da temperatura na formação dos precipitados
- 9.6 Outros fatores que influenciam a formação dos precipitados
- 9.7 Formação de regiões livres de precipitados

#### UNIDADE X - Sistema Ferro-carbono

- 10.1 Conceitos gerais
- 10.2 Transformações de fases dos aços no estado sólido em condições de equilíbrio termodinâmico
- 10.3 Transformações de fases dos aços no estado sólido fora das condições de equilíbrio termodinâmico
- 10.4 Características da martensita e da bainita

#### UNIDADE XI - Transformação Martensítica

- 11.1 Conceitos gerais
- 11.2 Transformação por maclação
- 11.3 Teoria da transformação martensítica

#### **Bibliografia básica**

SANTOS, Rezende Gomes dos. **Transformações de fases em materiais metálicos**. Campinas, SP: Ed. Unicamp, 2006, ISBN 85-268-0714-5



Serviço Público Federal  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense  
Pró-Reitoria de Ensino

GARCIA, Amauri. **Solidificação: fundamentos e aplicações**. 2. ed. Campinas, SP: Unicamp, 2007. ISBN : 9788526807822

PADILHA, Angelo Fernando e Fulvio Siciliano Junior. **Encruamento, recristalização, crescimento de grão e textura**. 3. ed. São Paulo: Editora ABM, 2005. ISBN 85-86778-80-X

### **Bibliografia complementar**

CALLIESTER JR., William D. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 7. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2008. 705 p.

TAYLOR, James L., **Dicionário Metalúrgico: inglês-português, português-inglês**. 2. ed. São Paulo: Editora ABM, 2004.

LAKHTIN, Y. **Engineering Physical Metallurgy**. 2. ed. MIR Publishers, 19.

CHALMERS, Bruce. **Metalurgia Física**. Ed. John Wiley and Sons, Madri, 1968

CHIAVERINI, Vicente. **Aços e Ferros Fundidos: características gerais, tratamentos térmicos, principais tipos**. 7. ed. São Paulo: Editora ABM, 2008. ISBN 85-86778-48-6

CHIAVERINI, Vicente. **Tratamento térmico das ligas metálicas**. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2008. 272 p. ISBN 85-86778-62-1