



**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS  
NÚCLEO DE ENSAIOS MECÂNICOS E ANÁLISE DE  
FALHAS**

Disciplina SMM-0342 – Introdução ao Ensaio Mecânico de Materiais

Professor: Cassius Olívio Figueiredo Terra Ruchert ([cassius@sc.usp.br](mailto:cassius@sc.usp.br))

Monitor: Lucas Gouvea Silva ([lucas.gouvea.silva@outlook.com](mailto:lucas.gouvea.silva@outlook.com))

Monitor: Raimundo Gomes de Amorim Neto ([raimundoamorim@yahoo.com.br](mailto:raimundoamorim@yahoo.com.br))

**4ª Lista:**

**FRATURA**  
**PARTE 1**

- 1– O que é fratura dúctil e quais estágios ocorrem durante o processo deste tipo de fratura?
- 2– O que é fratura frágil e qual mecanismo envolvido neste tipo de fratura? Quando um material é classificado como frágil?
- 3– O que é ductilidade?
- 4– Observe as fraturas e responda:
  - a) Qual tipo de fratura?
  - b) Identifique nas fraturas a presença de macromecanismos e micromecanismos, quando for o caso.



Figura 1 – Fratura de um aço grau X100 (Mirone e Corallo, 2013).

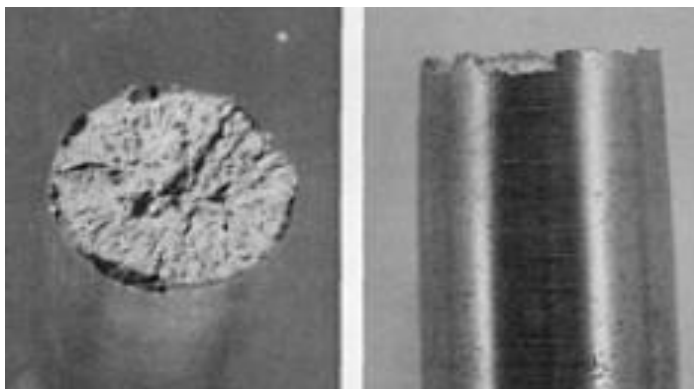


Figura 2 – Exemplo de fratura de uma liga de alumínio 7079 (ASM, 2003).

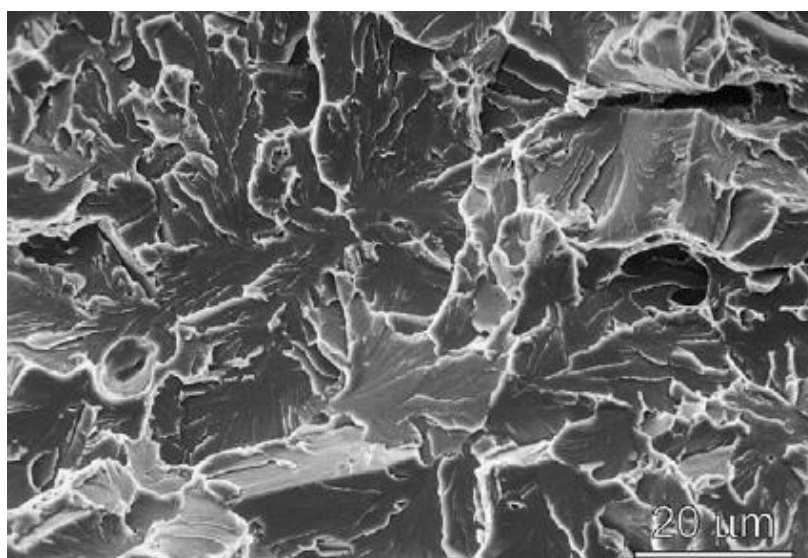


Figura 3 – Exemplo de fratura de um aço, ensaiado à  $-130^{\circ}\text{C}$  (Hadraba et. al., 2008).

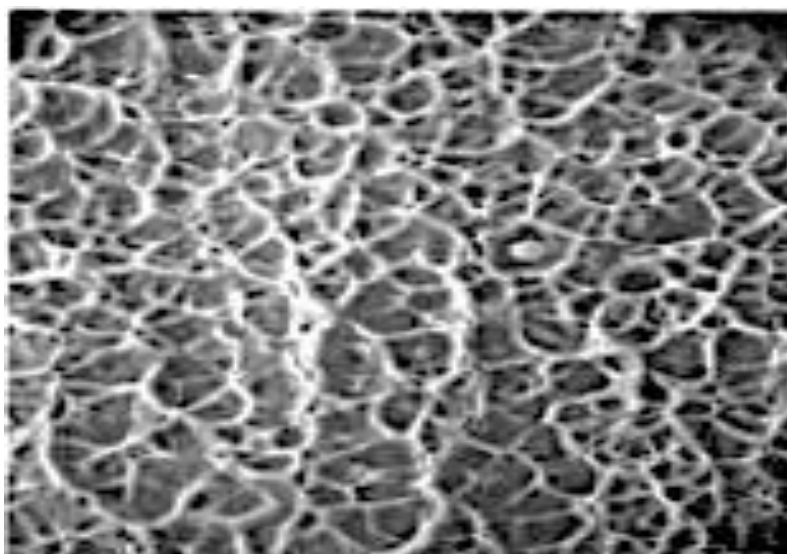


Figura 4 – Imagem de fratura de um aço (ASM, 2003).

5 – Quais os fatores que contribuem para o surgimento de fratura frágil em materiais que são normalmente dúcteis à temperatura ambiente?

6 – Comente a respeito do efeito da temperatura sobre a tenacidade ao impacto de um metal. Esboce uma curva de transição dúctil-frágil de um metal com estrutura CCC e um com estrutura CFC e de exemplos de materiais. Cite todos os fatores estudados que podem alterar a temperatura de transição dúctil-frágil.

### IMPACTO PARTE II

7 – Qual a diferença entre o ensaio de impacto Charpy e Izod?

8 – Quais são os parâmetros que afetam a tenacidade ao impacto de materiais poliméricos?

9 – Os dados da tabela abaixo foram obtidos a partir de uma série de ensaios de impacto realizados em quatro tipos de ferro fundido nodular, com diferentes porcentagens de Si. Desenhe a curva de energia X temperatura de ensaio e determine:

Tabela 1 – Energia absorvida de um ferro fundido nodular para diferentes teores de Si.

Temperatura de teste (° C)	Energia Absorvida (J)			
	2.55%Si	2.85%Si	3.25%Si	3.63%Si
-50	2.5	2.5	2	2
-5	3	2.5	2	2
0	6	5	3	2.5
25	13	10	7	4
50	17	14	12	8
75	19	16	16	13
100	19	16	16	16
125	19	16	16	16

a) a temperatura de transição definida como a média das energias obtidas no início da região dúctil e início da região frágil e compare com a técnica de 20,0 J energia. Coloque em gráfico este valor em função do teor de Si e comente.

b) Qual seria o teor de Si máximo permitido caso o ferro fundido nodular tivesse que trabalhar a 25°C.

10 – Uma série de ligas de Al-Si possui uma microestrutura que consiste de silício metálico na forma de longas agulhas numa matriz de Al dúctil. Essas ligas seriam sensíveis a entalhes em um teste de impacto? Elas teriam uma boa resistência ao impacto? Justifique sua resposta.

11 – Os dados a seguir foram obtidos com uma série de ensaios de impacto Charpy em quatro tipos de aço, cada um deles com um teor de manganês distinto. Trace o gráfico utilizando papel milimetrado de energia absorvida-temperatura e determine:

a) a temperatura de transição em função do teor de manganês definida pela média das energias absorvidas nas regiões dúctil e frágil;

(b) a temperatura de transição em função do teor de manganês definida como a temperatura correspondente a 50 J de energia absorvida.

c) Qual seria o teor mínimo de manganês para que o aço pudesse ser empregado em uma peça usada a 0°C?

Tabela 2 – Energia absorvida de um aço para diferentes teores de Mn.

Temperatura de teste (° C)	Energia Absorvida (J)			
	0.30%Mn	0.39%Mn	1.01%Mn	1.55%Mn
-100	2	5	5	15
-75	2	5	7	25
-50	2	12	20	45
-25	10	25	40	70
0	30	55	75	110
25	60	100	110	135
50	105	125	130	140
75	130	135	135	140
100	130	135	135	140

12 – Um ensaio de impacto foi executado em diferentes temperaturas. Descreva a fratura levando em consideração a temperatura de ensaio para cada amostra.

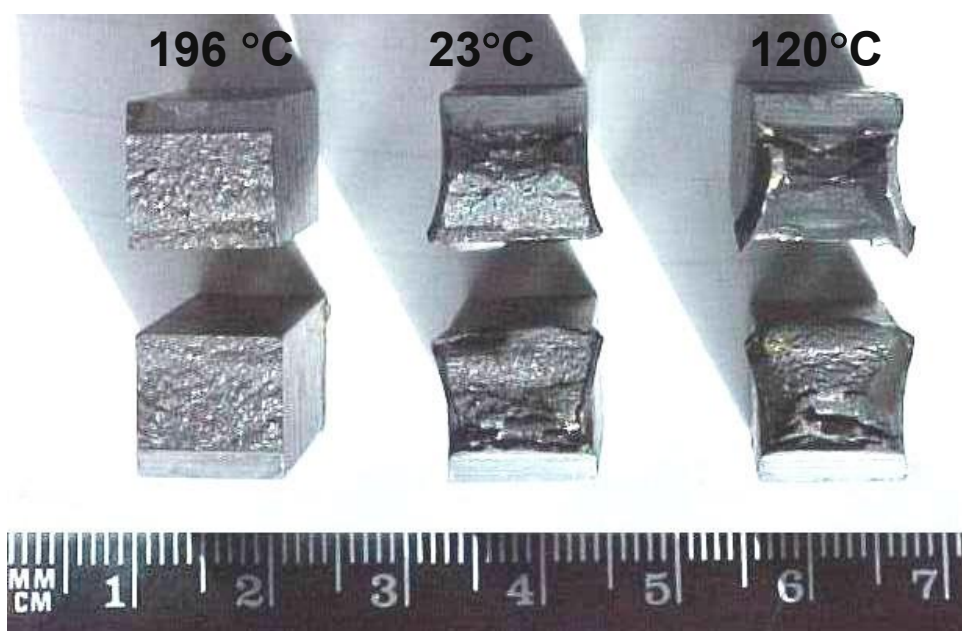


Figura 5 – Fraturas de amostra de aço resultantes de um ensaio de impacto em diferentes temperaturas.