

## P2 de CEMAT 2008.1

JUSTIFIQUE TODAS AS SUAS RESPOSTAS, MESMO QUE NÃO EXPLICITAMENTE SOLICITADO NAS QUESTÕES.  
QUESTÕES SEM JUSTIFICATIVA NÃO SERÃO CONSIDERADAS.

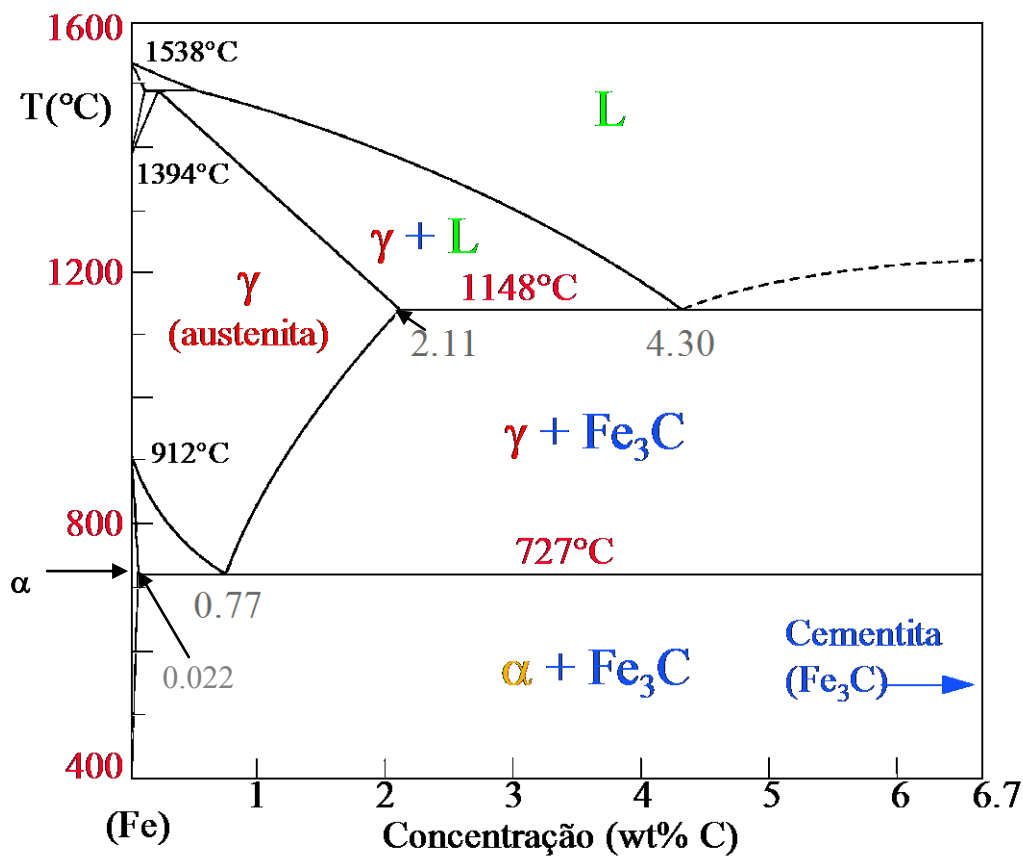
Nome:

Assinatura:

Matrícula:

1. (5,0) Considere os três aços da tabela abaixo e o diagrama Fe-C da figura:

	Aço 1040	Aço 1080	Aço 1100
Concentração de carbono (wt%)	.4	.77	1.0
Módulo de Young – E (GPa)	200	200	200
Limite de Escoamento – $\sigma_y$ (MPa)	400	500	600
Limite de Resistência – $\sigma_R$ (MPa)	600	950	1100



- a) (0,5) Utilizando o diagrama, obtenha as concentrações máximas de carbono diluído nas fases  $\alpha$  e  $\gamma$  e explique porque são tão diferentes.

As concentrações podem ser lidas diretamente do diagrama. Para a fase  $\alpha$  o valor máximo é 0,022 wt% a 727°C. Para a fase  $\gamma$  o valor máximo é 2,11 wt% a 1148°C. Estes valores são tão diferentes devido à diferença no tamanho dos interstícios na estrutura CCC da ferrita e CFC da austenita. Os interstícios da CFC sendo muito maiores, toleram a presença de maior concentração de átomos intersticiais de carbono.

- b) (0,5) O que acontece, do ponto de vista das propriedades mecânicas, quando se aumenta a concentração de carbono em um aço? Justifique.

A presença de carbono intersticial distorce a rede cristalina do Ferro, contribuindo para um aumento de resistência e redução de ductilidade. As impurezas intersticiais funcionam como barreira para o deslocamento de discordâncias.

- c) (1,0) Qual dos aços da tabela acima você escolheria em uma aplicação que requer no mínimo 13% de cementita total a temperatura ambiente?

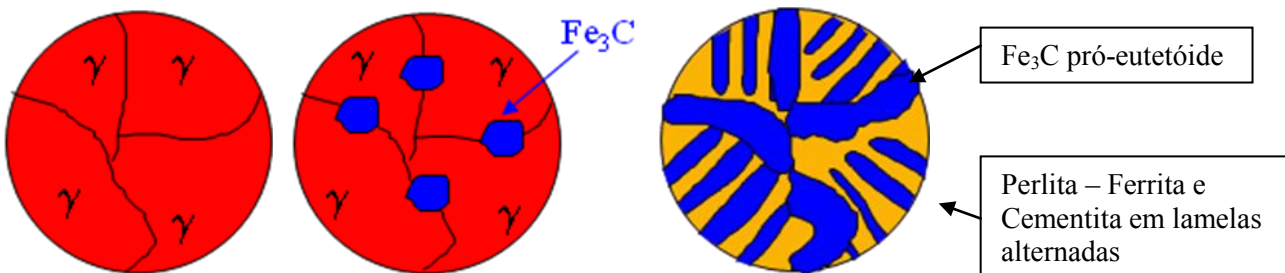
Pela regra da alavanca -  $W_{Fe_3C} = \frac{C_0 - 0}{6,7 - 0} > 0,13 \Rightarrow C_0 > 0,871 \Rightarrow \text{Aço 1100}$

- d) (1,0) Para o aço escolhido qual é a fase pró-eutetóide que se forma, a que temperatura esta fase tem máxima fração e qual é este valor?

Como é um aço hiper-eutetóide, a fase pró-eutetóide é a Cementita. A fração desta fase cresce conforme a temperatura se aproxima da eutetóide. Assim, sua fração será máxima a 727°C. Nesta temperatura, pela regra da alavanca

$$W_{Fe_3C} = \frac{1 - 0,77}{6,7 - 0,77} = \frac{0,23}{5,93} = 0,04 \hat{=} 4\%$$

- e) (1,0) Para o aço escolhido no item acima esboce a microestrutura a 1000°C, 730°C e a 725°C.



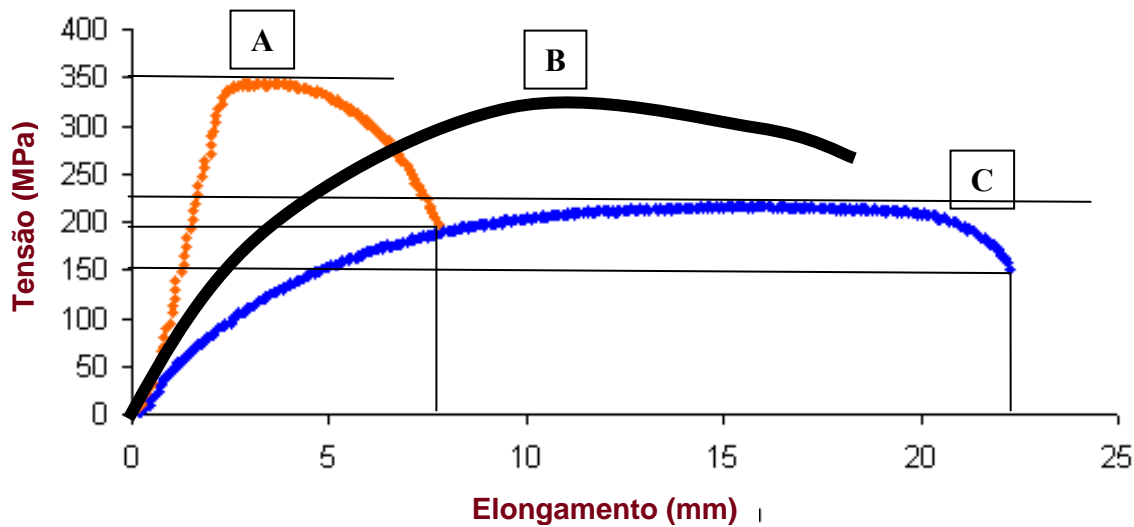
- f) (1,0) Considerando a tabela original, escolha o aço ideal para uma mola e calcule seu módulo de resiliência.

O módulo de resiliência é dado por  $U_R = \frac{(\sigma_y)^2}{2E}$ . No caso dos 3 aços, como os módulos de Young são iguais, o melhor será o que tiver maior limite de escoamento, ou seja, o aço 1100. Para este

$$U_R = \frac{(\sigma_y)^2}{2E} = \frac{600^2 MPa^2}{2 \times 200 GPa} = \frac{36 \times 10^4}{4 \times 10^5} MPa = 0,9 MPa$$

As curvas tensão-elongamento abaixo foram obtidas com corpos de prova com comprimento original de 20 cm.

Estas curvas serão utilizadas para responder às questões 2, 3 e 4.



2. (2,5) Responda as seguintes perguntas para as curvas A e C:

(a) (1,0) Quais são os valores dos limites de resistência? Indique no gráfico como obteve.

Pontos de máximo das curvas. Curva A – 350Mpa, Curva C – 220MPa

(b) (1.0) Quais são os valores da tensão e da deformação na fratura? Indique no gráfico como obteve.

Para obter a deformação é necessário dividir o alongamento pelo comprimento original da peça. Assim:

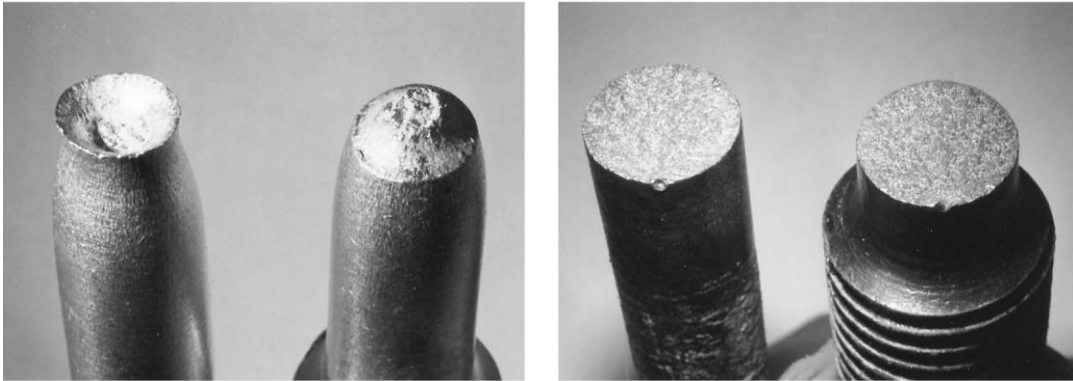
Curva A -  $\sigma_F = 190 \text{ MPa}$ ,  $\epsilon_F = 8\text{mm}/20\text{cm} = 8/200 = 0,04$

Curva C -  $\sigma_F = 150 \text{ MPa}$ ,  $\epsilon_F = 22\text{mm}/20\text{cm} = 22/200 = 0,11$

(c) (0.5) Qual dos dois materiais apresenta maior tenacidade? Explique.

A tenacidade é obtida pela área sob a curva. É bem evidente que a área sob a curva C é muito maior e portanto indica maior tenacidade.

3 (1.0) Considere as fotos abaixo da superfície de fratura dos dois materiais. Associe as fotos às curvas A e C e indique se a fratura foi dúctil ou frágil. Justifique.



A primeira foto mostra estrição e estrutura “copo e cone” na superfície de fratura, características de uma fratura dúctil. Deve corresponder à curva C, de um material que se deforma extensamente antes de fraturar. A segunda foto mostra ausência de estrição e uma superfície de fratura plana, característica de uma fratura frágil. Corresponde à curva A, de um material que se deforma pouco antes de fraturar.

4. (1.5) A curva B corresponde ao material na sua condição inicial. Em seguida o material sofreu processamento termo-mecânico que envolveu as etapas de deformação a frio (DF) e recristalização (RC).

- Associe as curvas A e C a estas etapas de processamento,
- Explique o efeito **microestrutural** de cada etapa e sua influência sobre as **discordâncias**.

Na deformação a frio ocorre um aumento da quantidade de discordâncias que, não tendo energia térmica para se difundir, vão gerar grandes distorções locais e interagirão entre si, bloqueando-se mutuamente. Assim, o material fica mais resistente e menos dúctil do que o material original. Esta etapa está associada à curva A, que apresenta maior limite de resistência e menor ductilidade do que a curva B.

Na recristalização surgem novos grãos no material, não deformados, com muito menos discordâncias. Isto implica em um aumento na mobilidade das discordâncias que restam, implicando numa redução da resistência e em um aumento na ductilidade do material. Provavelmente, esta condição está associada à curva C, que apresenta menor limite de resistência e maior ductilidade do que a curva B.