



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

Escola Politécnica

DCTM – Depto. de Ciência e Tecnologia dos Materiais



CADERNO DE EXERCÍCIOS E AULAS PRÁTICAS

ENG – A51

MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO I-A

Prof. Dr. Daniel Vêras Ribeiro

Prof. Dr. Cléber Marcos Ribeiro Dias

Ano / Período: _____.

Aluno: _____.

**SALVADOR/BA
2020**

APRESENTAÇÃO

A disciplina Materiais de Construção I-A tem como objetivo oferecer aos alunos do Curso de Engenharia Civil os conhecimentos básicos sobre estrutura atômica dos materiais em suas três principais classes (metais, cerâmicas e polímeros), seu comportamento quando submetidos à temperaturas diferentes da ambiental, a influência da microestrutura nas propriedades dos materiais (mecânicas, térmicas, elétricas e químicas) e avaliação dos principais processos degradativos, de forma a possibilitar a seleção adequada do material a empregar em cada situação.

A disciplina é de caráter teórico-prático e visa, através de aulas expositivas, exercícios diversos, ensaios de laboratório e realização de trabalho, em equipe, aproximar os alunos do conhecimento acerca de todos os tipos de materiais, desde os mais simples aos mais avançados.

Assim, para facilitar o acompanhamento das aulas práticas, oferecemos ao estudante este Caderno, elaborado, inicialmente, em 2012, pelo Professor Dr. Daniel Vêras Ribeiro e aperfeiçoado nos últimos anos graças à contribuição, sobretudo, do Prof. Dr. Cléber Marcos Ribeiro Dias, do mestrando Daniel Andrade Mota, das bolsistas Bruna Silva Santos e Debhora Flavia Soto França e do Técnico Laboratorista Paulo César de Jesus Sant'Anna.

Esperamos, portanto, que os futuros profissionais do curso de Engenharia Civil encontrem neste Caderno os conhecimentos básicos necessários para auxiliarem suas atividades profissionais, cujo aprimoramento se dará, em especial, por meio da vivência dos processos construtivos e que estejam aptos a cursarem a disciplina ENG A53 – Materiais de Construção II-A, que tem esta disciplina como pré-requisito.

Prof. Dr. Daniel Vêras Ribeiro

Professor do Departamento de Ciência e Tecnologia dos Materiais da Escola Politécnica da UFBA, Graduado em Engenharia Civil, com Mestrado em Engenharia dos Materiais, Doutorado e Pós-doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de São Carlos.

ÍNDICE

APRESENTAÇÃO	i
ÍNDICE	ii
UNIDADE I	1
LISTA DE EXERCÍCIOS 1	2
UNIDADE II	27
LISTA DE EXERCÍCIOS 2	28
ABNT NBR 7480/2007 - Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – especificação	53
1. Classificação	53
2. Amostragem	54
3. Identificação	54
4. Defeitos	55
5. Emendas	56
6. Características geométricas	57
7. Ensaio de tração	58
8. Ensaio de dobramento	60
OUTROS ENSAIOS MECÂNICOS	61
9. Ensaio de Tenacidade (Impacto)	61
10. Ensaio de Dureza.....	62
UNIDADE III	63
LISTA DE EXERCÍCIOS 3	64
ABNT NBR 8491:2012 - Tijolo de solo-cimento — Requisitos	81
ABNT NBR 10833:1989 - Fabricação de tijolo maciço e bloco vazado de solo-cimento com utilização de prensa hidráulica	81
1. Classificação	81
2. Condições gerais - materiais:.....	82
2.1. Cimento	82
2.2. Água	82
2.3. Aditivos	82
2.4. Solo.....	82
3. Produção	83
3.1. Mistura de solo-cimento.....	83

3.2. Dosagem	83
3.3. Moldagem	87
3.4. Cura	87
4. Condições Específicas	87
4.1. Resistência à compressão.....	87
4.2. Absorção de água.....	88
5. Manifestações patológicas mais comuns.....	88
5.1. Trincas originadas por contração e expansão dos tijolos.....	88
5.2. Desalinhamento dos blocos causado pela má utilização da tecnologia.....	89
5.3. Trincas verticais.....	89
6. Aplicação	90
ABNT NBR 15310:2009 - Componentes cerâmicos - Telhas - Terminologia, requisitos e métodos de ensaio	91
1. Definições.....	91
2. Requisitos Gerais	92
2.1. Identificação do produto.	92
2.2. Características visuais.....	92
2.3. Características sonoras.	93
2.4. Tolerâncias dimensionais.	93
2.5. Índice de Absorção de Água.....	97
2.6. Impermeabilidade (estanqueidade).	97
2.7. Carga de ruptura à flexão (N).	98
ABNT NBR 15270-3:2005 - Componentes cerâmicos - Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação - Métodos de ensaio	99
1. Definições.....	99
2. Requisitos Gerais	101
2.1. Identificação do produto.	101
2.2. Características visuais.....	101
2.3. Tolerâncias dimensionais.	102
2.4. Índice de Absorção de Água.....	104
2.5. Absorção de Água Inicial (AAI).....	104
2.6. Resistência à compressão.....	105

UNIDADE I



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
DCTM – DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS DE MATERIAIS

LISTA DE EXERCÍCIOS 1

1º) O que significa energia de ligação? Descreva num gráfico força x distância interatômica. Faça a relação entre temperatura de fusão e a energia de ligação.

2º) Descrever sucintamente as ligações primárias (iônica, covalente e metálica) e correlacionar sua presença com algumas propriedades dos materiais como propriedades mecânicas (resistência, dureza, etc) e condutividade térmica e elétrica.

3º) Qual a diferença entre estrutura atômica e estrutura cristalina? E entre estrutura cristalina e sistema cristalino?

4º) Qual a diferença entre um material cristalino e um amorfo?

5º) Defina, sucintamente, grão e contorno de grão, em um material policristalino.

6º) Qual o número de coordenação e fator de empacotamento para as seguintes estruturas: CCC; CFC; HC. Demonstre.

Resposta: CCC (NC=8, FEA=0,68); CFC (NC=12, FEA=0,74); HC (NC=12, FEA=0,74).

7º) Se o raio atômico do alumínio é 0,143 nm, calcule a densidade e o volume da célula unitária. Dado: a estrutura do alumínio é CFC.

8º) Defina isotropia e anisotropia, citando exemplos. Explique por que as propriedades dos materiais policristalinos são mais frequentemente isotrópicas.

9º) O zircônio possui uma estrutura cristalina HC e uma densidade de 6,51 g/cm³. Quanto à sua estrutura, responda:

a) Qual o volume da sua célula unitária, em metros cúbicos? R.: 1,396x10⁻²²

b) Se a razão c/a é de 1,563, calcule os valores de “c” e “a”. R.: a=0,323nm / c=0,515nm

10º) O iodo possui uma célula unitária ortorrômbica para o qual os parâmetros de rede a , b e c são 0,479 , 0,725 e 0,978 nm, respectivamente.

a) Se o fator de empacotamento atômico e o raio atômico são de 0,547 e 0,177 nm, respectivamente, determine o número de átomos em cada célula unitária.

b) O peso atômico do iodo é de 126,91 g/mol. Calcule a sua densidade.

11º) Qual a massa específica (densidade) do ferro CCC, que possui um parâmetro de rede de 0,2866nm? $A_{Fe}=55,847$ g/mol.

R.: 7,879 g/cm³

12º) Qual a variação percentual de volume quando a zircônia se transforma de estrutura tetragonal para estrutura monoclinica? As constantes de rede para as células unitárias monoclinicas são $a=5,156$ Å, $b=1,191$ Å e $c=5,304$ Å e o ângulo β (entre a e b) é 98,9°. As dimensões da célula unitária tetragonal são $a = 5,094$ Å e $c = 5,304$ Å.

R.: $\Delta V=-76,62\%$

13º) Calcule o raio atômico (em cm) para um metal CCC com $a_0=0,3294$ nm e para um metal CFC com $a_0=4,0862$ Å.

R.: $r_{CCC}=1,426 \times 10^{-8}$ cm / $r_{CFC}=1,4447 \times 10^{-8}$

14º) Um dado material metálico tem densidade igual a 8,94 g/cm³. Sabendo que este material é formado por um elemento químico de raio atômico igual a 0,128 nm, peso atômico 63,5 g/mol e que o volume da célula unitária é conhecido e igual a 0,04745 nm³, indique por meio de cálculos qual sua estrutura cristalina. R.: CFC

15º) Quanto à estrutura cristalina:

a) Calcule o raio de um átomo de vanádio, dado que o V possui uma estrutura cristalina CCC, uma densidade de 5,96 g/cm³ e um peso atômico de 50,9 g/mol.

Resp.: 0,132 nm

b) A célula unitária para o Sn possui uma simetria tetragonal, com parâmetros de rede a e b de 0,583 e 0,318 nm, respectivamente. Se a sua densidade, peso atômico e raio atômico são de 7,30g/cm³, 118,69g/mol e 0,151nm, respectivamente, calcule o fator de empacotamento atômico. Resp.: 0,534

16º) Abaixo estão listados o peso atômico, a densidade e o raio atômico para três metais hipotéticos. Para cada um, determine se a sua estrutura cristalina é CFC, CCC ou cúbica simples, justificando a sua determinação. R.: A e C são CS e B é CFC

Metal	Peso Atômico (g/mol)	Densidade (g/cm ³)	Raio Atômico (nm)
A	77,4	8,22	0,125
B	107,6	13,42	0,133
C	127,3	9,23	0,142

17º) Calcule a aresta (a) de uma célula unitária cúbica de corpo centrado em função do raio dos átomos. Desenhe esta célula unitária e indique quais os átomos que são cortados nas seguintes direções: $[100]$; $[101]$; $[120]$ e $[111]$. No caso de planos, desenhe os planos (100) ; (101) ; (200) ; $(\bar{2}01)$ e (111) .

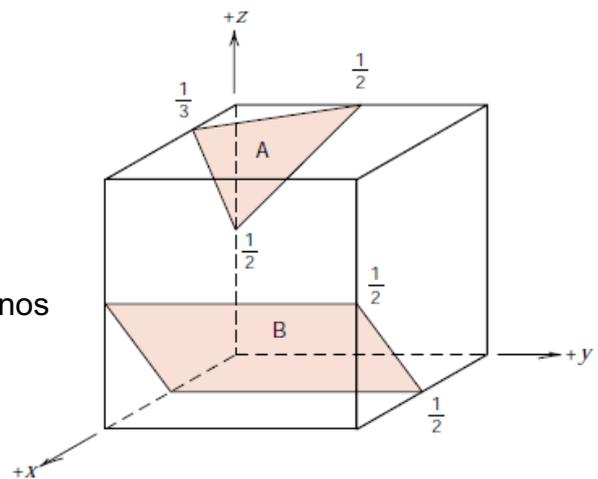
18º) Calcule para a densidade linear para as direções $[101]$; $[111]$ e $[001]$ para as estruturas CFC e CCC.

19º) Calcule a densidade planar para os planos (100) ; (101) e (111) para as estruturas CFC e CCC.

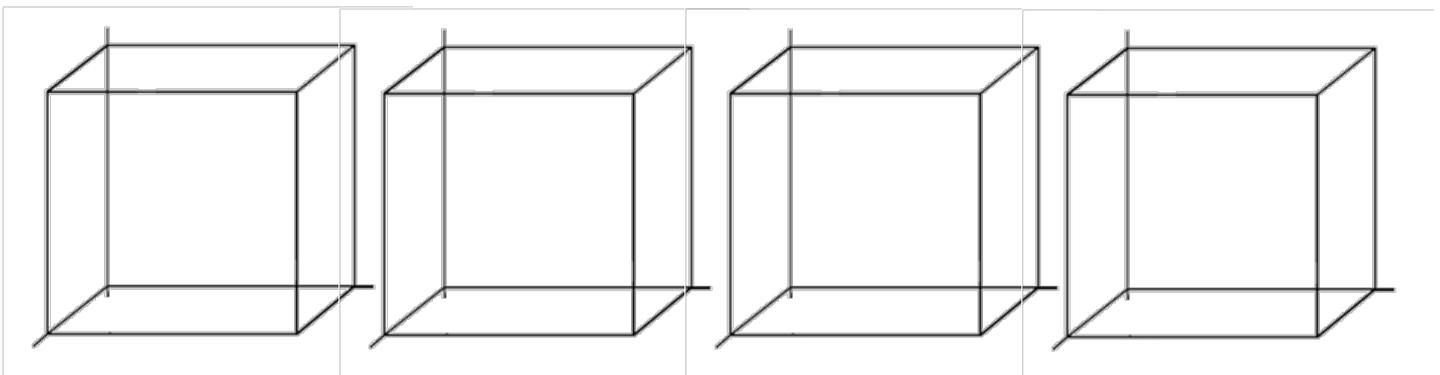
20º) Quanto à cristalografia do material,

a) Para cristais tetragonais, esboce as seguintes direções: $[101]$, $[120]$ e $[132]$.

b) Determine os índices de Miller para os planos mostrados na célula unitária cúbica, ao lado.



21º) Represente $[0\bar{1}2]$, $[\bar{2}\bar{2}1]$, $(11\bar{3})$ e $(0\bar{4}1)$ nas estruturas cúbicas abaixo.

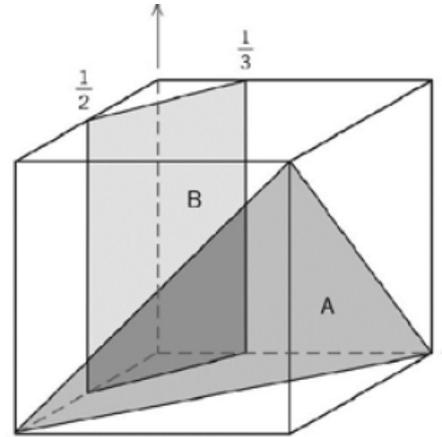
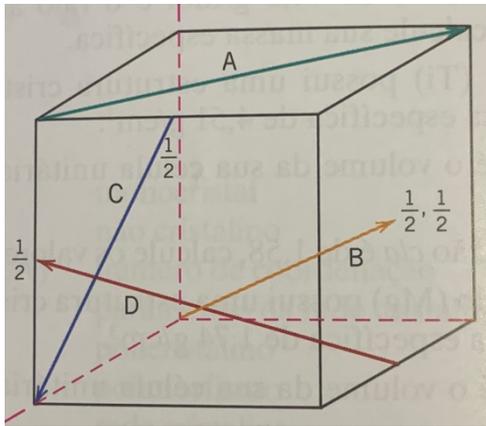


22º) Quanto à estrutura dos sólidos cristalinos:

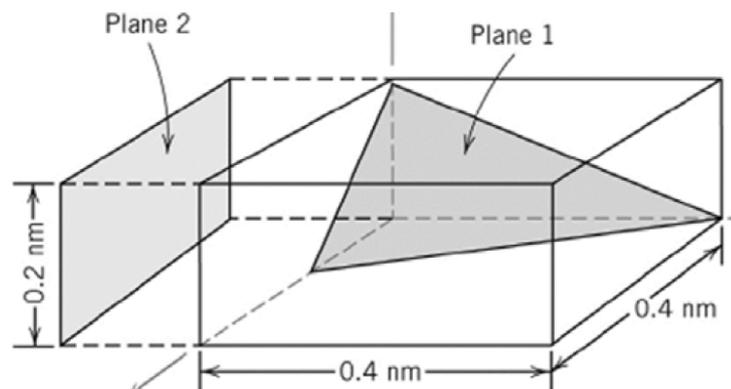
a) Determine os índices para as direções A, B, C e D mostradas na célula unitária cúbica.

Resp.: $[110]$; $[12\bar{1}]$; $[012]$; $[121]$

b) Determine os índices para os planos A e B. Resp.: $(\bar{1}10)$; (230)



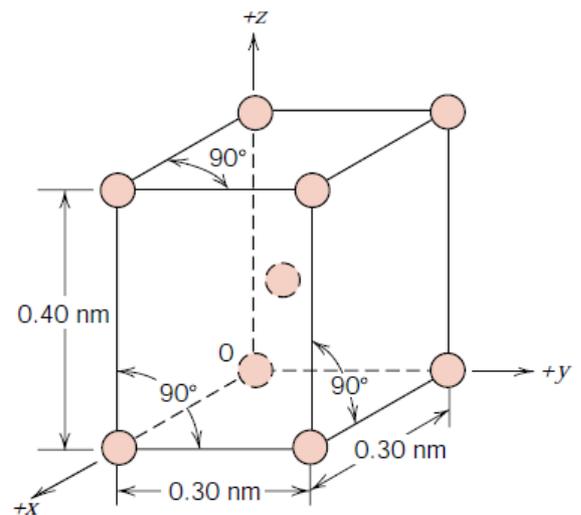
b) Determine os índices para os planos 1 e 2. Resp.: $(\bar{1}10)$



23º) Considere a célula unitária representada ao lado, que possui a origem do sistema de coordenadas posicionada no átomo identificado como O.

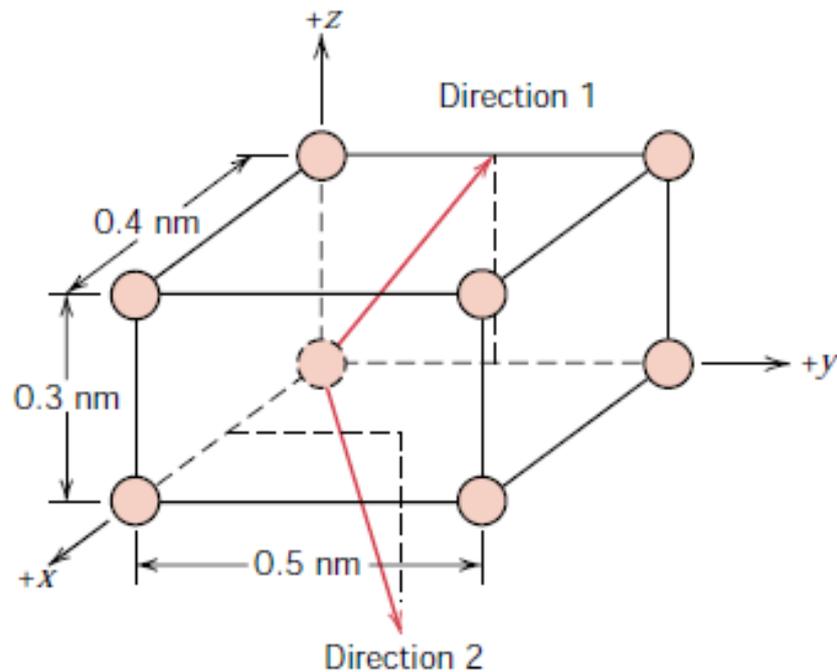
Entre os planos (111) , $(\bar{1}\bar{1}1)$, $(1\bar{1}\bar{1})$ e $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$, quais são equivalentes?

Resp.: Todos são equivalentes pois possuem mesmas dimensões e densidade planares (sugiro desenhar).

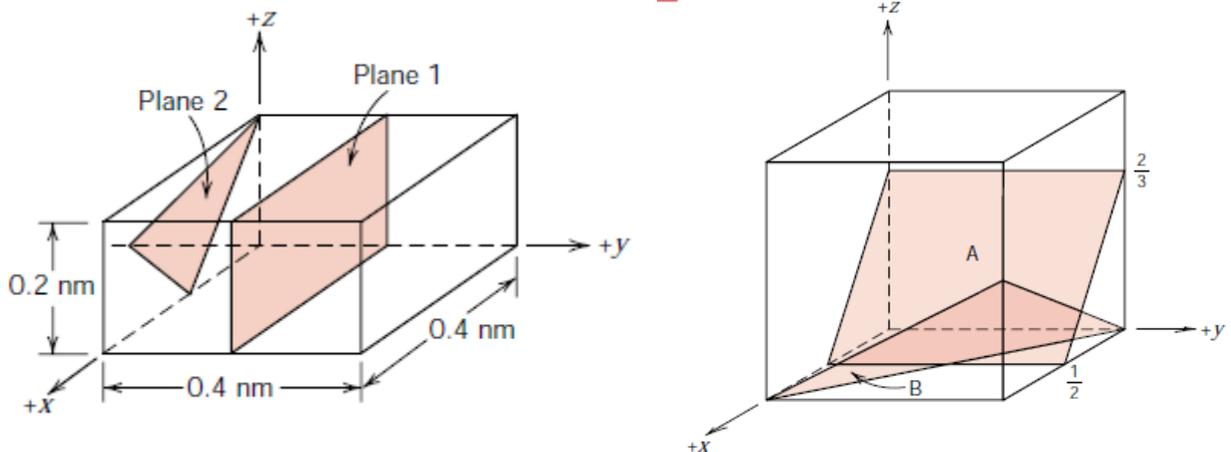


24º) Aqui são representadas células unitárias para dois metais hipotéticos:

a) Quais os índices para as direções indicadas.



b) Quais os índices para os planos indicados.



25º) Quanto à microestrutura:

a) Defina, sucintamente, grão e contorno de grão, em um material policristalino.

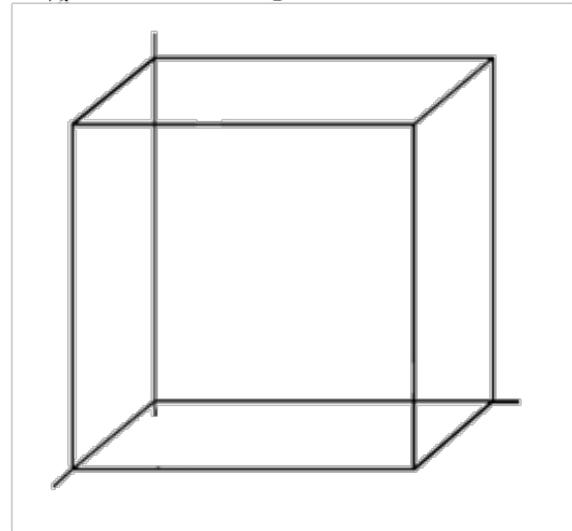
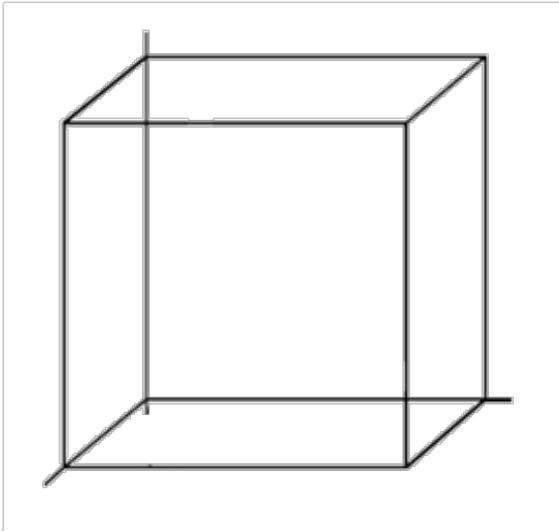
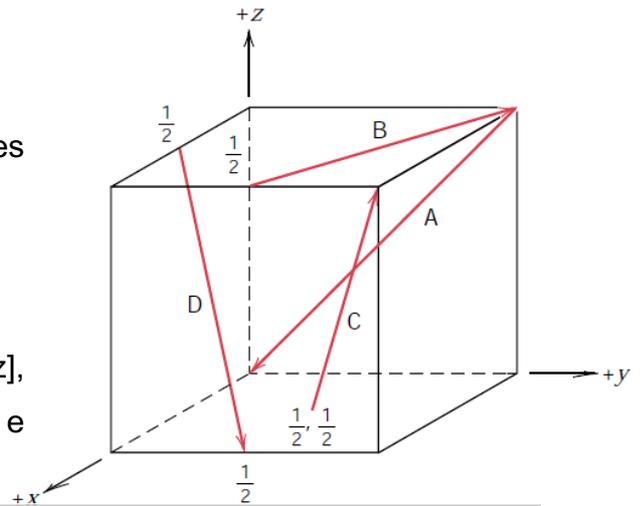
b) Explique os mecanismos de deformação elástica e plástica a partir de uma perspectiva atômica. Nesta perspectiva o que representa e como se dá a fratura?

26º) Determine as densidades dos planos (100), para uma estrutura CCC, e (111) para uma estrutura CFC.

27º) Quanto à cristalografia do material,

a) Determine os índices para as direções mostradas na seguinte célula unitária cúbica.

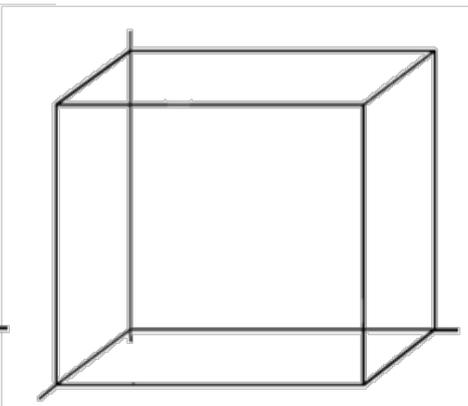
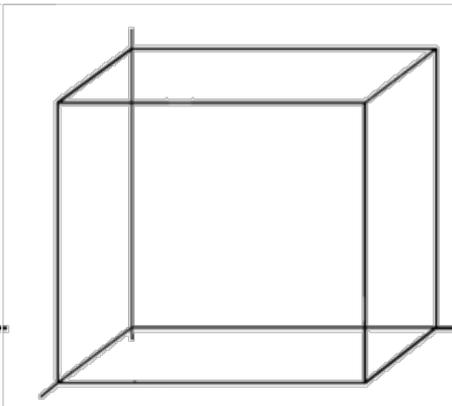
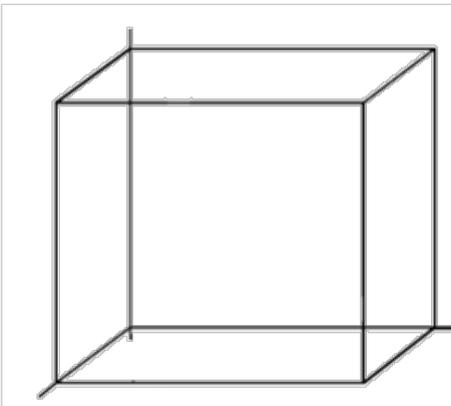
b) Sendo as direções do item anterior $[xyz]$, determine os planos (xyz) correspondentes a C e D.



28º) Quanto à estrutura dos sólidos cristalinos:

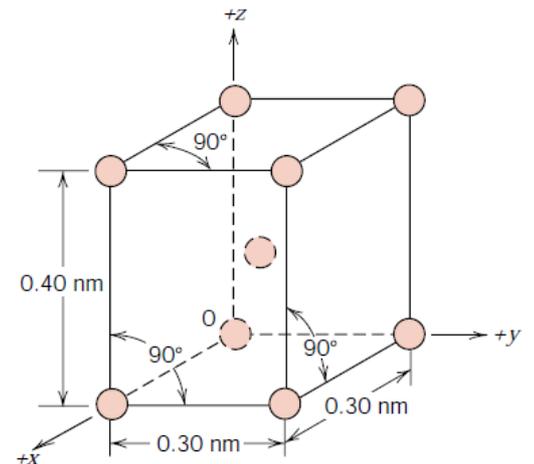
a) Esboce uma célula unitária para uma estrutura cristalina ortorrômbica de corpo centrado e represente os planos (102) e $(0\bar{1}\bar{1})$.

b) Dentro de uma célula unitária, esboce as seguintes direções: $[\bar{1}\bar{1}0]$, $[0\bar{1}\bar{2}]$ e $[1\bar{2}\bar{3}]$.



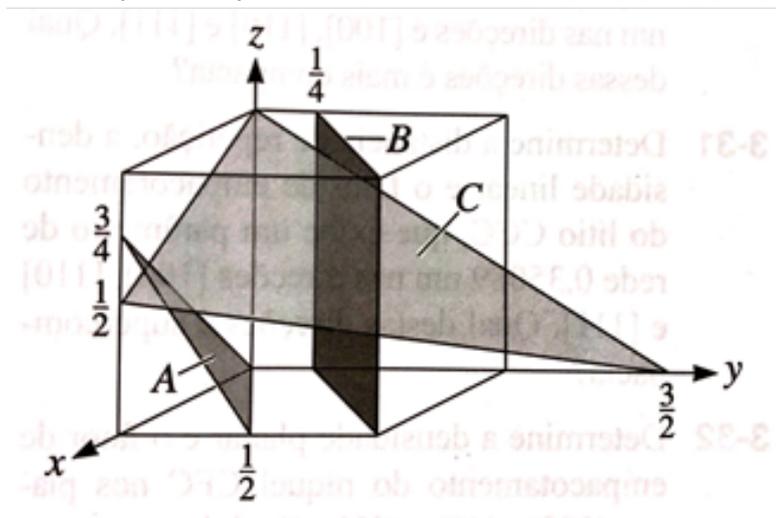
29º) Quanto à estrutura dos sólidos cristalinos:

a) Considere a célula unitária representada por esferas rígidas, ao lado, e que tem origem do sistema de coordenadas posicionada no átomo identificado com um O. Para os seguintes planos, determine quais pertencem à mesma família e justifique: (100), (010) e (001). Qual a densidade linear das direções [110] e [010] ?

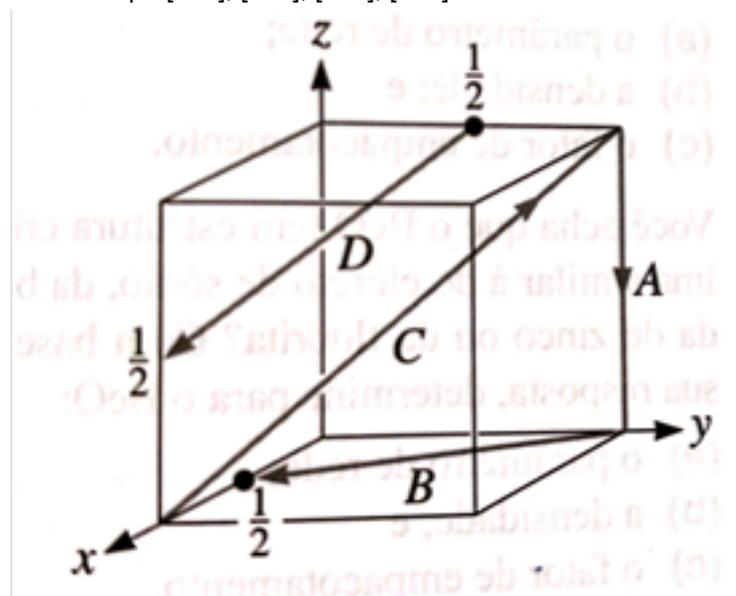


Resp.: (100) e (0 $\bar{1}$ 0) pertencem à mesma família / DL = 0,7 e 1,0

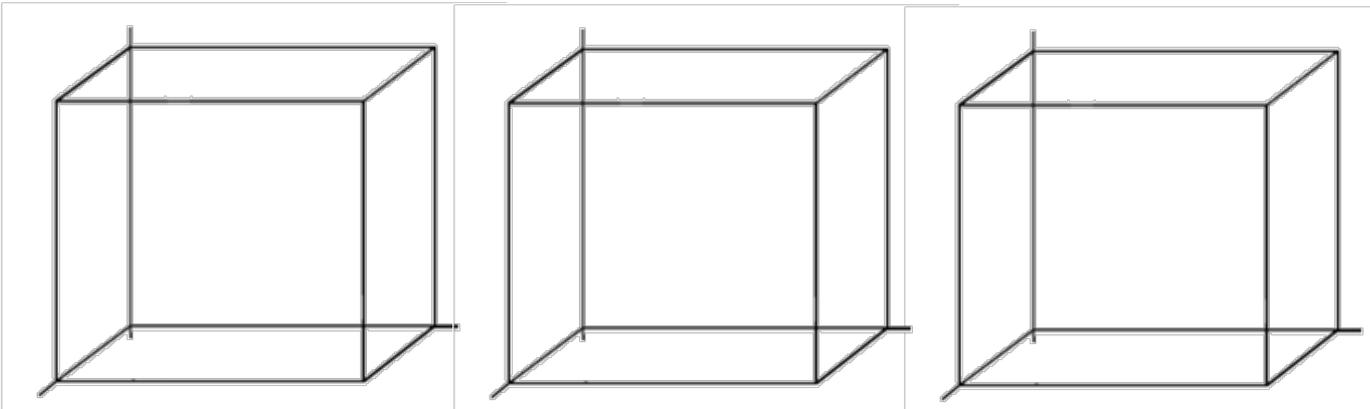
b) Determine os índices para os planos A, B e C. Resp.: ($\bar{3}$ 64); (1 $\bar{4}$ 0) ($\bar{3}$ 23)



c) Determine os índices de Miller para as direções A, B, C e D representadas na célula unitária cúbica abaixo. Resp.: [00 $\bar{1}$]; [1 $\bar{2}$ 0]; [$\bar{1}$ 11]; [2 $\bar{1}$ 1]



30º) Dentro de uma célula unitária, esboce os seguintes planos: $(\bar{1}\bar{1}\bar{2})$, $(\bar{3}\bar{1}\bar{2})$ e $(\bar{1}\bar{2}\bar{3})$



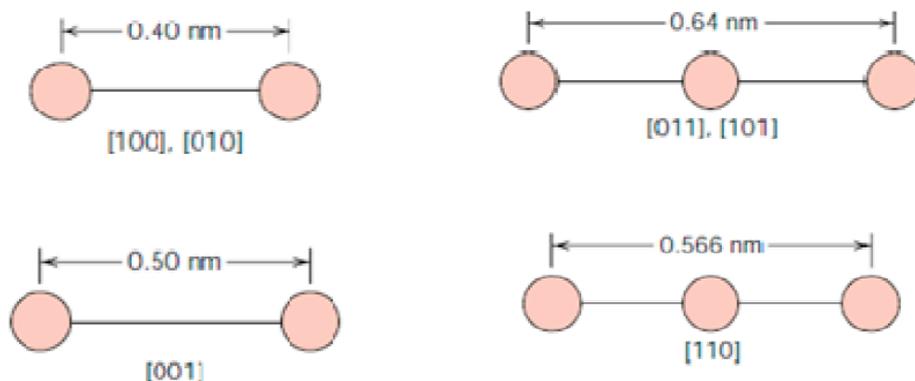
31º) As características atômicas de 3 metais hipotéticos são apresentadas na Tabela abaixo. Determine por meio de cálculos se as estruturas cristalinas são CFC, CCC ou CS. Resp.: A e C são CCC e B é CS.

Liga	Peso Atômico (g/mol)	Massa Específica (g/cm ³)	Raio Atômico (nm)
A	43,1	6,40	0,122
B	184,4	12,30	0,146
C	91,6	9,60	0,137

32º) Quanto à estrutura dos sólidos cristalinos:

a) A seguir temos direções cristalográficas diferentes para um metal hipotético. A qual sistema cristalino pertence a célula unitária? Como seria chamada essa estrutura?

Resp.: i) Tetragonal; ii) Tetragonal de Faces Centradas



b) Calcule e compare as densidades planares dos planos (110) e (100) para uma estrutura cristalina CCC.

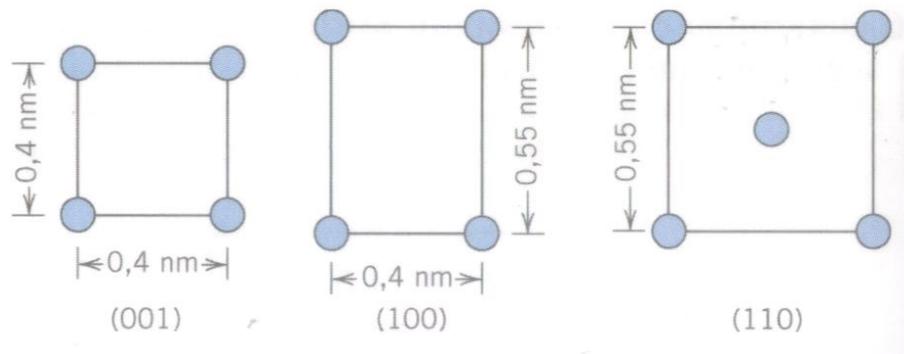
Resp.: $d_{p(110)} = 0,833 > d_{p(100)} = 0,589$

33º) Quanto à estrutura dos sólidos cristalinos:

a) Desenhe uma célula unitária ortorrômbica e, no interior dessa célula, represente as direções $[2\bar{1}1]$ e $[\bar{1}01]$.

b) A Figura a seguir mostra 3 planos cristalográficos diferentes para uma célula unitária de algum metal hipotético. Os círculos representam átomos. A qual sistema cristalino pertence a célula unitária? Como essa estrutura seria chamada? Se a massa específica deste metal é $19,5 \text{ g/cm}^3$, determine o seu peso atômico.

Resp.: Tetragonal de corpo centrado, $A = 51,68 \text{ g/mol}$

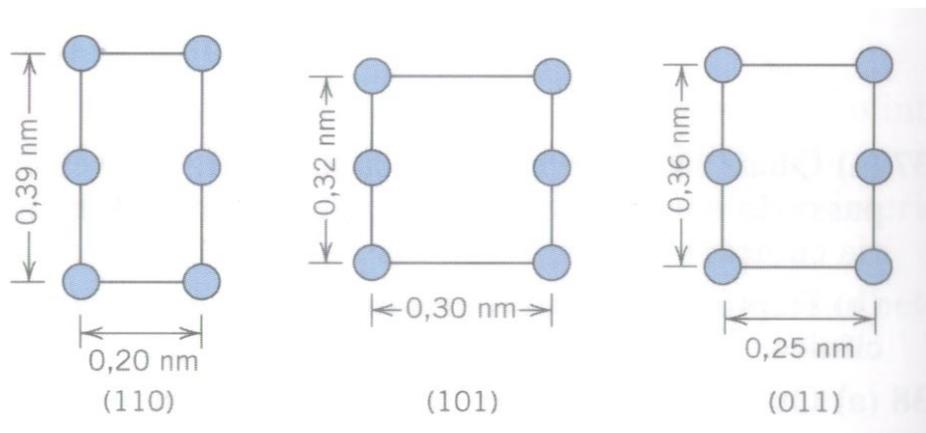


34º) Quanto à estrutura dos sólidos cristalinos:

a) Desenhe uma célula unitária monoclinica e, no interior dessa célula, represente as direções $[2\bar{1}1]$ e $[\bar{1}01]$.

b) A Figura a seguir mostra 3 planos cristalográficos diferentes para uma célula unitária de algum metal hipotético. Os círculos representam átomos. A qual sistema cristalino pertence a célula unitária? Como essa estrutura seria chamada? Se a massa específica deste metal é $18,91 \text{ g/cm}^3$, determine o seu peso atômico.

Resp.: Ortorrômbico de faces centradas, $A = 42,7 \text{ g/mol}$



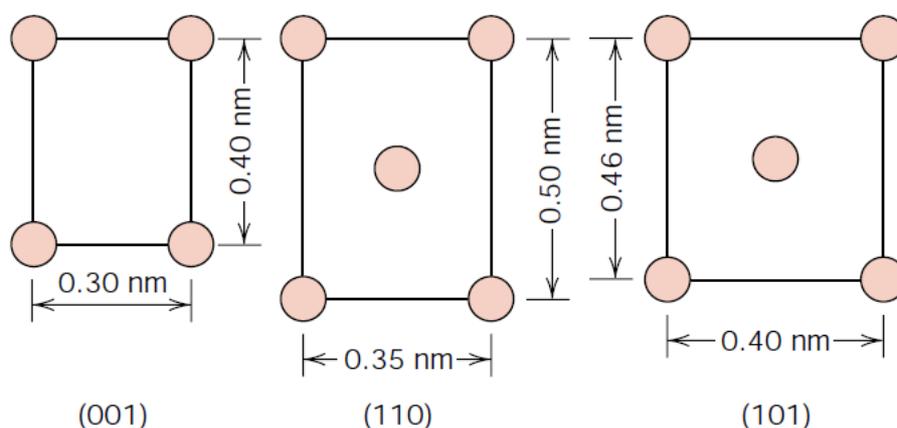
35°) Esboce uma célula unitária para uma estrutura cristalina tetragonal de corpo centrado ($c = 1,5.a$) e indique as densidades planares de (100), (001) e (110).

36°) Quanto à estrutura dos sólidos cristalinos:

a) Esboce uma célula unitária para uma estrutura cristalina ortorrômbica de face centrada e represente os planos (121) e $\bar{1}02$.

b) Abaixo estão mostrados três planos cristalográficos diferentes para uma das células unitárias de um metal hipotético (os círculos representam átomos). i) A qual sistema cristalino pertence a célula unitária? ii) Como seria chamada essa estrutura cristalina? iii) Se a densidade desse metal é igual a $8,95 \text{ g/cm}^3$, determine o seu peso atômico.

Resp.: i) Ortorrômbico; ii) Ortorrômbico de corpo centrado; iii) $113,2 \text{ g/mol}$



37°) Faça uma comparação entre as estruturas cúbica de face centrada (CFC) e cúbica de corpo centrado (CCC) do ponto de vista de: (a) densidade linear (na direção [111]) e (b) fator de empacotamento. Considere átomos iguais de raio R para ambas as estruturas.

38°) O molibdênio (Mo) possui uma estrutura cristalina CCC, um raio atômico de $0,1363 \text{ nm}$ e um peso atômico de $95,94 \text{ g/mol}$. Calcule e compare sua massa específica teórica com o valor experimental ($10,22 \text{ g/cm}^3$). Resp.: $10,2178 \text{ g/cm}^3$

39°) O nióbio (Nb) possui raio atômico de $0,1430 \text{ nm}$ e uma massa específica de $8,57 \text{ g/cm}^3$. Determine se ele possui uma estrutura cristalina CFC, CC e HC. Dados: $A_{\text{Nb}} = 92,91 \text{ g/mol}$. Resp.: CCC

40°) Quais os tipos de defeitos pontuais possíveis nos materiais? Descreva-os.

41º) Com relação aos defeitos nos materiais, responda:

a) Cite e explique sucintamente dois defeitos bidimensionais.

b) Os interstícios podem ser considerados defeitos nos materiais? De que tipo?

42º) Cite os dois tipos de soluções sólidas e forneça por escrito uma definição sucinta e/ou um esboço esquemático de cada um deles.

43º) Quais regras devem ser obedecidas para que haja uma completa solubilidade entre dois elementos?

44º) Abaixo estão tabulados os valores para o raio atômico, a estrutura cristalina, a eletronegatividade e as valências mais comuns para vários elementos. Para aqueles que são não metais, apenas os raios atômicos estão indicados.

Quais destes elementos você esperaria que formassem o seguinte com o **cobre**: (FCC=CFC ; HCP = HC ; BCC = CFC)

<i>Element</i>	<i>Atomic Radius (nm)</i>	<i>Crystal Structure</i>	<i>Electro-negativity</i>	<i>Valence</i>
Cu	0.1278	FCC	1.9	+2
C	0.071			
H	0.046			
O	0.060			
Ag	0.1445	FCC	1.9	+1
Al	0.1431	FCC	1.5	+3
Co	0.1253	HCP	1.8	+2
Cr	0.1249	BCC	1.6	+3
Fe	0.1241	BCC	1.8	+2
Ni	0.1246	FCC	1.8	+2
Pd	0.1376	FCC	2.2	+2
Pt	0.1387	FCC	2.2	+2
Zn	0.1332	HCP	1.6	+2

a) Uma solução sólida substitucional com solubilidade completa?

b) Uma solução sólida substitucional com solubilidade incompleta?

c) Uma solução sólida intersticial?

Resp.: a) Ni, Pd, and Pt; b) Ag, Al, Co, Cr, Fe e Zn;

c) C, H e O

45º) Quanto às soluções sólidas:

a) Determine a densidade aproximada de um latão que possui uma composição de 64,5%p Cu, 33,5%p Zn, 2%p Pb. Dados: $\rho_{Cu} = 8,94 \text{ g/cm}^3$; $\rho_{Zn} = 7,13 \text{ g/cm}^3$; $\rho_{Pb} = 11,35 \text{ g/cm}^3$. Resp.: $8,27 \text{ g/cm}^3$ ($8,38 \text{ g/cm}^3$ está errado!)

b) Qual a composição, em porcentagem atômica, de uma liga que contém 97%p de ferro e 3%p de silício? Dados: $A_{Fe} = 55,85 \text{ g/mol}$; $A_{Si} = 28,09 \text{ g/mol}$

Resp.: 94,2 %a Fe e 5,8 %a Si

46º) Qual a composição, em porcentagem atômica, de uma liga que contém 98g de estanho e 65g de chumbo? Resp.: 27,5%a Pb e 72,5%a Sn

47º) A concentração de carbono em uma liga ferro-carbono é de 0,15%p. Qual é a concentração em quilogramas de carbono por metro cúbico de liga? Dados: As densidades do ferro e do carbono são, respectivamente, 2,25 g/cm³ e 7,87 g/cm³.

Resp.: 11,8 kg/m³

48º) Quanto às soluções sólidas:

a) O lítio CCC tem parâmetro de rede de $3,5089 \times 10^{-8}$ cm e contém uma lacuna a cada 200 células unitárias. Calcule o número total de lacunas em 1 cm³ e a massa específica do lítio. Dados: $A_{Li} = 6,94$ g/mol. Resp.: $1,16 \times 10^{20}$ lacunas/cm³ / 0,54 g/cm³

b) A célula unitária para o Sn possui uma simetria tetragonal, com parâmetros de rede a e b de 0,583 e 0,318 nm, respectivamente. Se a sua densidade, peso atômico e raio atômico são de 7,30g/cm³, 118,69g/mol e 0,151nm, respectivamente, calcule o fator de empacotamento atômico. Resp.: 0,534

c) Cite os 4 (quatro) polimorfos mais usuais do carbono e duas características de cada

49º) Quanto às soluções sólidas:

a) Qual a composição, em porcentagem atômica, de uma liga que consiste em 92,5%p Ag e 7,5%p Cu? Dados: $A_{Ag} = 107,87$ g/mol e $A_{Cu} = 63,55$ g/mol. Resp.: 12,1%a Cu / 87,9%a Ag

b) Para um metal hipotético, o número de lacunas em condições de equilíbrio a 900°C é de $2,3 \cdot 10^{25}$ lacunas/m³. Se a massa específica e o peso atômico deste metal são de 7,4 g/cm³ e 85,5 g/mol, respectivamente, calcule a fração de lacunas para esse metal a essa temperatura. Resp.: 0,0441% ($4,41 \cdot 10^{-4}$)

c) Defina e diferencie contorno de grão e contorno de macla. Explique como os diferentes tipos de contornos de grão influenciam na resistência mecânica.

50º) Quanto às imperfeições em sólidos:

a) Qual a composição, em porcentagem atômica, de uma liga que consiste em 30%p Zn e 70%p Cu? Resp.: 29,4%a Zn

b) Qual a composição, em porcentagem em peso, de uma liga com 6%a Pb e 94%a Sn? Resp.: 10,0 %m Pb

c) Cite e explique, sucintamente, 3 defeitos superficiais.

51º) Quanto às imperfeições em sólidos:

a) Calcule a fração (%) dos sítios atômicos que estão vagos para o chumbo na sua temperatura de fusão de 327°C. Suponha uma energia para a formação de lacunas equivalente a 0,55 eV/átomo. Dados: Constante de Boltzmann: $8,62 \times 10^{-5}$ eV/átomo.K.
Resp.: $2,41 \times 10^{-5}$

b) O chumbo CFC tem parâmetro de rede de 0,4949 nm e contém uma lacuna a cada 500 átomos. Calcule o número total de lacunas por grama de Pb e a massa específica do chumbo. Dados: $A_{Pb} = 207,2$ g/mol Resp.: $5,8 \times 10^{18}$ lacunas/g / $11,35$ g/cm³

c) Calcule o número de lacunas por centímetro cúbico no ferro a 850°C. Suponha uma energia para a formação de lacunas equivalente a 1,08 eV/átomo. Dados: Constante de Boltzmann: $8,62 \times 10^{-5}$ eV/átomo.K, densidade e peso atômico do ferro são iguais a 7,65 g/cm³ e 55,85 g/mol. Resp.: $1,18 \times 10^{24}$ lacunas/cm³

52º) Calcule a energia para formação de lacunas na prata, sabendo-se que o número de lacunas em equilíbrio a 800°C é de $3,6 \cdot 10^{23}$ lacunas/m³ para a prata. Sabe-se que o peso atômico e a densidade da prata são, respectivamente, 107,9 g/mol e 9,5 g/cm³.
Resp.: 1,10 eV/atom

53º) O molibdênio forma uma solução sólida substitucional com o tungstênio. Calcule a porcentagem em peso do Mo que deve ser adicionada ao W para produzir uma liga que contenha 10^{22} átomos de Mo por cm³. As densidades do molibdênio puro e do tungstênio puro são de 10,22 e 19,30 g/cm³, respectivamente. Sabe-se que a densidade de uma mistura é um valor ponderado das densidades de seus componentes. Dados: $A_{Mo} = 95,94$ g/mol; $A_W = 183,85$ g/mol. Resp.: 8,91%

54º) Uma liga de nióbio é produzida inserindo-se átomos substitucionais de tungstênio na sua estrutura CCC, dando origem a uma liga com parâmetro de rede de 0,32554 nm e massa específica de 11,95 g/cm³. Calcule a fração dos átomos de tungstênio nessa liga. Dados: $A_{Nb} = 92,91$ g/mol ; $A_W = 183,84$ g/mol
Resp.: 1,31 de átomos de Nióbio (66%) e 0,68 átomos de Tungstênio (34%) por célula unitária

55º) O nióbio forma uma solução sólida substitucional com o vanádio. Calcule a porcentagem atômica do Nb que deve ser adicionada ao V para produzir uma liga que contenha $1,55 \times 10^{22}$ átomos de Nb por cm^3 . As densidades do Nb puro e do V puro são de 8,57 e 6,10 g/cm^3 , respectivamente. Sabe-se que a densidade de uma mistura é um valor ponderado das densidades de seus componentes. Dados: $A_{\text{Nb}} = 92,91 \text{ g/mol}$; $A_{\text{V}} = 50,94 \text{ g/mol}$. Resp.: 21,49%a

56º) O ouro forma uma solução sólida substitucional com a prata. Calcule o número de átomos de ouro por centímetros cúbicos para uma liga prata-ouro que contém 10%p Au e 90%p Ag. As densidades do ouro puro e da prata pura são de 19,32 e 10,49 g/cm^3 , respectivamente. Sabe-se que a densidade de uma mistura é um valor ponderado das densidades de seus componentes. Dados: $A_{\text{Au}} = 196,97 \text{ g/mol}$; $A_{\text{Ag}} = 107,87 \text{ g/mol}$. Resp.: $N_{\text{Au}} = 3,36 \cdot 10^{21} \text{ átomos/cm}^3$

Questão 3: Quanto às soluções sólidas:

a) O ouro forma uma solução sólida substitucional com a prata. Calcule a porcentagem, em peso de Au, que deve ser adicionada à prata para produzir uma liga que contém $5,5 \times 10^{21}$ átomos de ouro por cm^3 . As densidades do Au puro e da Ag pura são de 19,32 e 10,49 g/cm^3 , respectivamente. Dados: $A_{\text{Au}} = 196,97 \text{ g/mol}$; $A_{\text{Ag}} = 107,87 \text{ g/mol}$
Resp.: 15,9 %m Au

b) Calcule a fração de lacunas que estão vagas para o cobre (Cu) na sua temperatura de fusão (1084°C). Suponha que a energia para a formação de lacunas é de 0,90 eV/átomo. Resp.: 0,0455 %

57º) O cobre forma uma solução sólida substitucional com o níquel. Calcule a porcentagem em peso do Cu que deve ser adicionada ao Ni para produzir uma liga que contenha $8,75 \times 10^{21}$ átomos de Cu por cm^3 . As densidades do Cu puro e do Ni puro são de 8,94 e 8,90 g/cm^3 , respectivamente. Sabe-se que a densidade de uma mistura é um valor ponderado das densidades de seus componentes. Dados: $A_{\text{Cu}} = 63,55 \text{ g/mol}$; $A_{\text{Ni}} = 58,69 \text{ g/mol}$. Resp.: 10,29%m de Cu

58º) Defina um sistema de escorregamento. Todos os metais possuem o mesmo sistema de escorregamento? Por quê?

59º) Quanto às soluções sólidas:

a) Qual a composição, em porcentagem atômica, de uma liga que contém 33g de Cu e 47g de Zn? Dados: $A_{Zn} = 65,41$ g/mol e $A_{Cu} = 63,55$ g/mol. Resp.: 41,95%a de Cu

b) Calcule o número de lacunas por m^3 de ouro a $900^\circ C$. A energia para a formação de lacunas é de $0,98$ eV/átomo. Adicionalmente, a massa específica e o peso atômico para o ouro são de $18,63$ g/cm³ e $196,9$ g/mol, respectivamente. Resp.: $3,52 \times 10^{24}$ lacunas/m³

60º) Uma liga de latão é conhecida por possuir um limite de elasticidade de 275 MPa, um limite de resistência à tração de 380 MPa e um módulo de elasticidade de 103 GPa. Um corpo de prova cilíndrico desta liga, com $12,7$ mm de diâmetro e 250 mm de comprimento é tensionado em tração, com um alongamento de $7,6$ mm. Com base nestas informações, é possível calcular a magnitude da carga necessária para produzir essa alteração no comprimento? Caso isso seja possível, calcule esta carga e, caso não seja, explique o motivo.

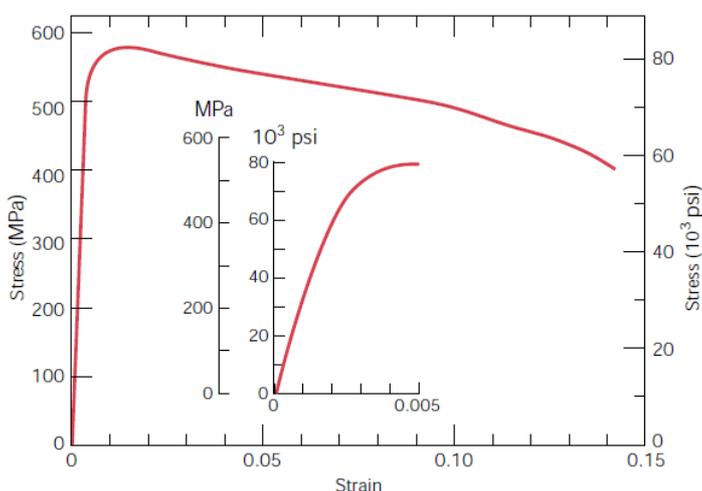
Resp.: Não é possível pois a tensão é superior à tensão de escoamento e não temos o diagrama tensão x deformação completo à disposição.

61º) A Figura mostra o comportamento tensão-deformação para uma liga de aço que possui 300 mm de comprimento e uma seção reta quadrada de $4,5$ mm de lado.

a) Qual o módulo de elasticidade? Resp.: 250 GPa

b) Qual a carga necessária para produzir um alongamento de $0,46$ mm? Qual será a deformação após a liberação da carga? Resp.: $6,48$ kN / Zero

c) Qual seria a força necessária para produzir uma deformação na aresta igual a 2% , considerando que o coeficiente de Poisson do aço é igual a $0,32$? Resp.: $10,6$ kN



62º) Considere um fio cilíndrico de titânio com $3,0$ mm de diâmetro e $2,5 \times 10^4$ mm de comprimento. Calcule o seu alongamento quando uma carga de 500 N é aplicada. Suponha que a deformação seja totalmente elástica. O módulo de elasticidade do titânio é igual a 107 GPa. Resp.: $16,5$ mm

63º) A Figura abaixo mostra o comportamento tensão-deformação de engenharia em tração para uma liga de aço.

a) Qual o módulo de elasticidade? Resp.: 200 GPa

b) Qual o limite de proporcionalidade e a tensão de escoamento?

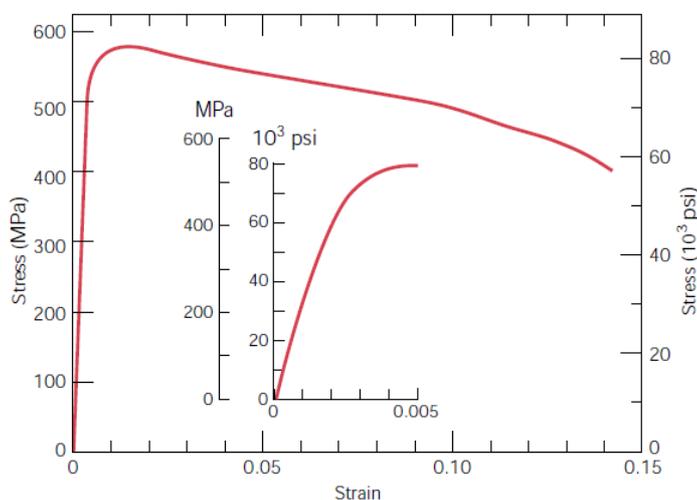
Resp.: $\sigma_p = 440 \text{ MPa}$; $\sigma_{esc} = 530 \text{ MPa}$

c) Qual o valor do LRT? Resp.: 580 MPa

d) Estime o módulo de resiliência.

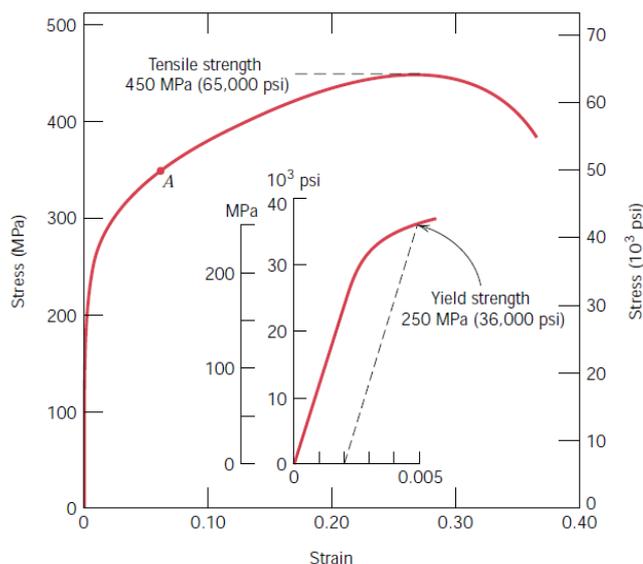
Resp.: 0,735 MPa

e) Considerando que uma barra de 1 m e diâmetro de 2 cm, qual seria a força necessária para produzir uma deformação no diâmetro igual a 3%, considerando que o coeficiente de Poisson do aço é igual a 0,32? Resp.: 157,1 kN



64º) Um corpo cilíndrico de latão possui comprimento de 60 cm e deve se alongar em somente 10,8 mm quando uma carga de tração de 50 kN é aplicada. Sob essas circunstâncias, qual deve ser o raio do corpo de prova? Suponha que essa liga de latão apresenta o comportamento tensão-deformação mostrado na Figura ao lado.

Resp.: 7,4 mm



65º) Um corpo cilíndrico de latão (mesmo diagrama anterior), com 7,5mm de diâmetro e 90mm de comprimento é puxado em tração com uma força de 6 kN e esta força é subsequentemente liberada

a) Calcule o comprimento final do corpo de prova neste instante. Resp.: 136 MPa / Zero

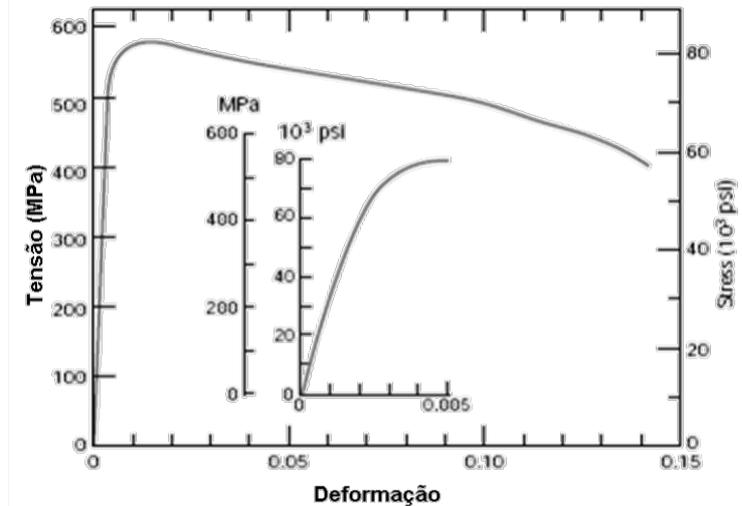
b) Calcule o comprimento final do corpo de prova quando a carga é aumentada para 16,5 kN e então liberada. Resp.: 99mm

c) Calcule o módulo de elasticidade e a tensão de escoamento do latão. (0,6 ponto)

Resp.: 80 GPa / 250 MPa

66º) Considere um cilindro feito com uma liga de aço de 10 mm de diâmetro e 75 mm de comprimento e que está submetido a uma tensão de tração. Determine:

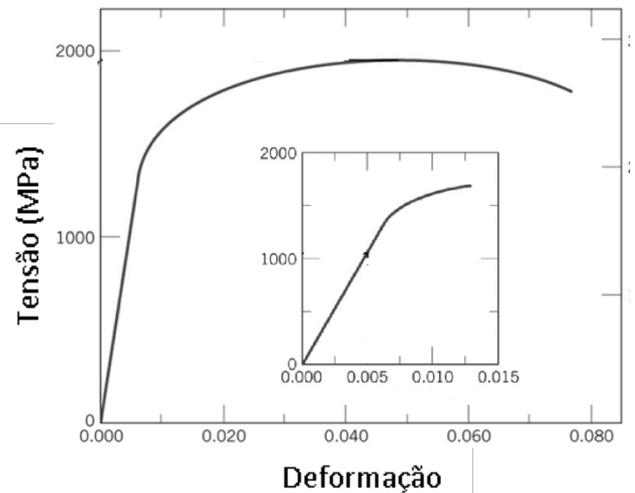
- o módulo de elasticidade, E.
- o alongamento quando uma carga de 23.500N é aplicada.
- qual a carga de ruptura (em N).



67º) Uma barra de aço exibe o comportamento tensão-deformação de engenharia em tração conforme figura abaixo.

- Qual o módulo de elasticidade?
Resp.: 200 GPa

- Para um corpo de prova possui 375mm de comprimento e uma seção reta quadrada de 5,5mm de lado, qual a carga necessária para produzir um alongamento de 2,25mm? Qual será a deformação após a liberação da carga?
Resp.: 36,3 KN / deformação zero (regime elástico)



- Considere um corpo de prova cilíndrico com 8,5mm de diâmetro e 80mm e comprimento. Qual o alongamento quando uma carga de 65250 N é aplicada? Qual o seu diâmetro final, considerando que esse material tem um coeficiente de Poisson igual a 0,32? Resp.: 0,46mm / 8,484 mm

68º) Uma barra cilíndrica de aço de 10mm de diâmetro deve ser deformada elasticamente pela aplicação de uma força ao longo de seu eixo. Determine a força que irá produzir uma redução elástica de 3×10^{-3} mm no diâmetro. Resp.: 16,26 KN

Material	Módulo de Elasticidade (GPa)	Módulo de Cisalhamento (GPa)	Coefficiente de Poisson
Liga de Aço	207	83	0,30

69º) Um corpo cilíndrico, feito de alumínio, tem diâmetro de 12,8 mm e comprimento útil de 50,8 mm e está sendo puxado em tração, gerando o diagrama tensão x deformação abaixo.

a) Qual o módulo de elasticidade? Resp.: 62,5 GPa

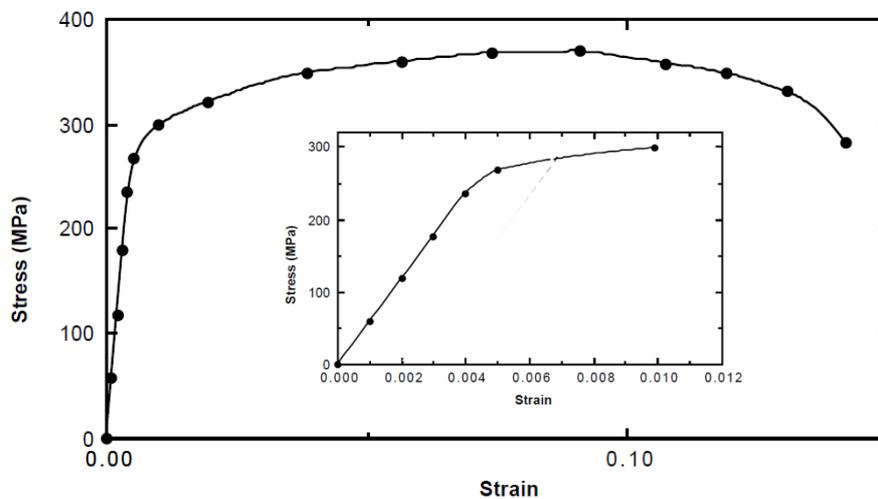
b) Qual o limite de escoamento para uma pré-deformação de 0,002 (0,2%)?

Resp.: 285 MPa

c) Determine o limite de resistência à tração desta liga. Resp.: 370 MPa

d) Qual é a ductilidade aproximada, em alongamento percentual? Resp.: 16%

e) Calcule o módulo de resiliência. Resp.: $6,5 \times 10^5 \text{ J/m}^3$

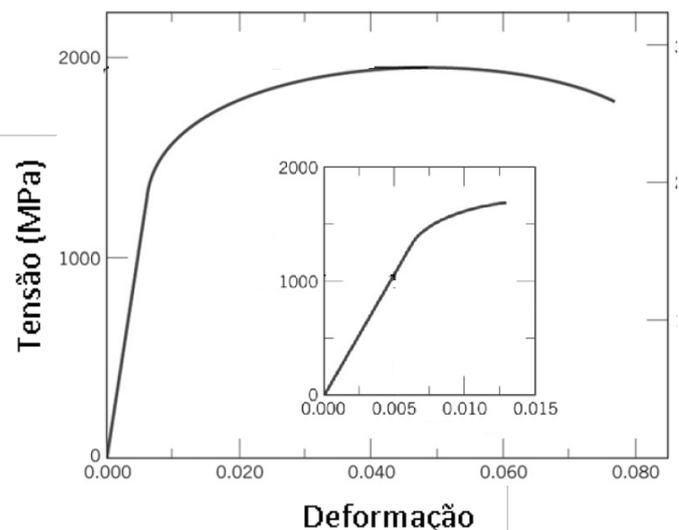


70º) Uma carga de 140 kN é aplicada em um corpo de prova cilíndrico, de aço, que possui seção transversal de com diâmetro de 10 mm.

a) Qual o módulo de elasticidade? Resp.: 200 GPa

b) O corpo de prova apresentará deformação elástica ou plástica? Por que? Resp.: Plástica ($\sigma > \sigma_{esc}$)

c) Se o comprimento original do corpo de prova for de 500mm, quanto ele aumentará em comprimento quando essa carga for aplicada? Qual o seu diâmetro final, considerando que esse material tem um coeficiente de Poisson igual a 0,32? Resp.: 9,9456 mm

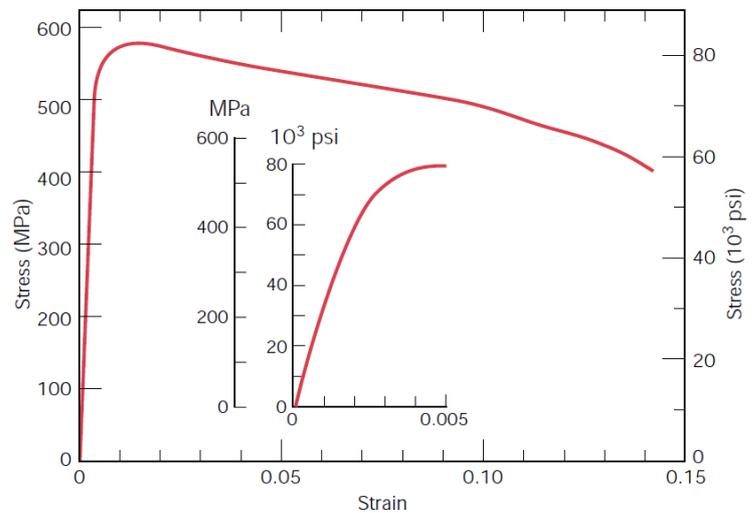


71º) Uma carga de tração de 44,5 kN é aplicada sobre um corpo de prova cilíndrico feito em aço, com diâmetro de 10mm e coeficiente de Poisson de 0,30.

a) O corpo de prova irá experimentar deformação elástica ou plástica? Por quê? Resp.: Elastoplástica (565 MPa)

b) Se o comprimento original do corpo de prova for de 50 mm, quanto ele irá aumentar em comprimento? E o diâmetro?

Resp.: O comprimento aumentará 0,5 mm e o diâmetro reduzirá 0,03 mm.



72º) Um corpo de prova cilíndrico feito a partir de uma liga de titânio que possui um módulo de elasticidade de 107 GPa e um diâmetro original de 3,8 mm irá experimentar somente deformação elástica quando uma carga de tração de 2kN for aplicada. Determine o comprimento máximo do corpo de prova antes da deformação se o alongamento máximo admissível é de 0,42 mm. Resp.: 250 mm

73º) Um corpo de prova cilíndrico de alumínio com diâmetro de 19mm e comprimento de 200 mm é deformado elasticamente em tração com uma força de 48.800N. Usando os dados fornecidos na Tabela 6.1 do Callister (Introdução, 5ª. Ed.), determine:

a) A quantidade segundo a qual este corpo de prova irá se alongar na direção da tensão aplicada. Resp.: 0,5 mm

b) A variação do diâmetro do corpo de prova (o diâmetro irá aumentar ou diminuir?). Resp.: $-1,6 \times 10^{-2}$ mm (diminuirá)

74º) Dois corpos de prova cilíndricos, não deformados, do mesmo metal, devem ser encruados para que seja aumentada a resistência mecânica. Para um dos corpos de prova, o raio inicial e o raio após a deformação são iguais a 16mm e 11mm, respectivamente. O segundo corpo de prova, com raio inicial de 12mm deve possuir a mesma resistência do primeiro. Calcule o raio do segundo corpo de prova após a deformação. Resp.: 8,25 mm

75º) Um corpo de prova metálico, de formato cilíndrico, com 10,7 mm de diâmetro e 95,0 mm de comprimento deve ser submetido a uma força de tração de 6,3 kN. Nesse nível de força, a deformação resultante será totalmente elástica.

a) Se o comprimento final for inferior a 95,04 mm, quais dos metais da tabela abaixo são candidatos adequados? Por quê? Resp.: Ligas de aço, níquel e tungstênio.

b) Se, além disso, o diâmetro não deve ser maior que 10,698 mm enquanto a força de tração de 6,3 kN estiver sendo aplicada, quais dos metais, entre os quais satisfazem ao critério anterior são adequados? Por quê? Resp.: Ligas de aço, níquel e tungstênio.

Material	Módulo de Elasticidade (GPa)	Módulo de Cisalhamento (GPa)	Coefficiente de Poisson
Liga de Aço	207	83	0,30
Alumínio	69	25	0,33
Cobre	110	46	0,34
Latão	97	37	0,34
Magnésio	45	17	0,29
Níquel	207	76	0,31
Titânio	107	45	0,34
Tungstênio	407	160	0,28

76º) Um bastão cilíndrico com 380mm de comprimento e diâmetro de 10,0 mm deve ser submetido a uma carga de tração. Se o bastão não pode experimentar qualquer deformação plástica e nem alongamento de mais de 0,9 mm quando a carga aplicada for de 24.500N, qual(is) dos quatro metais ou ligas listados abaixo poderão ser utilizados? Justifique a sua escolha. Resp.: Apenas o aço.

Material	Módulo de Elasticidade (GPa)	Limite de Escoamento (MPa)	LRT (MPa)
Liga de Alumínio	70	255	420
Liga de Latão	100	345	420
Cobre	110	250	290
Liga de Aço	207	450	550

77º) Um ensaio de flexão em 3 pontos é realizado com uma amostra de vidro que possui uma seção reta retangular com altura de 5 mm e largura de 10 mm. A distância entre os pontos de apoio é igual a 45 mm. Calcule a resistência à flexão se a carga na fratura é de 290 N. Resp.: 78,3 MPa

78º) Quanto às propriedades mecânicas:

a) Uma barra de aço com 100 mm de comprimento e que possui uma seção reta quadrada com 20mm de aresta é puxada em tração com uma carga de 89 kN, e experimenta um alongamento de 0,10mm. Admitindo que a deformação seja inteiramente elástica, calcule o módulo de elasticidade do aço. Resp.: 223 GPa

b) Considere um corpo de prova cilíndrico de alguma liga metálica hipotética que possui um diâmetro de 8,0mm. Uma força de tração de 1000N produz uma redução elástica no diâmetro de $2,8 \times 10^{-4}$ mm. Calcule o módulo de elasticidade para esta liga, dado que o coeficiente de Poisson de 0,3. Resp.: 170 GPa

79º) Quanto às propriedades mecânicas, marque a alternativa correta. Resp.: B, B, A, B.

Os átomos que envolvem uma discordância espiral sofrem que tipos de deformações?

- A. Deformações de tração
- B. Deformações cisalhantes
- C. Deformações compressivas
- D. Todas as anteriores
- E. Tanto B quanto C

Para uma estrutura cristalina particular, a direção de escorregamento é aquela direção no plano de escorregamento que possui a

- A. menor densidade linear
- B. maior densidade linear

Um maior impedimento do movimento das discordâncias torna um material metálico

- A. mais duro
- B. menos duro

Conforme a concentração de impurezas (em solução sólida) de um metal aumenta, os limites de resistência à tração e de escoamento

- A. diminuem
- B. aumentam

80º) Com relação aos defeitos nos materiais, responda:

a) Quais materiais são mais deformáveis entre os materiais monocristalinos e os policristalinos? E entre os policristalinos com grãos maiores e grãos menores? E entre os policristalinos com contornos de grão de alto ângulo e baixo ângulo? Justifique todas as suas escolhas.

b) Explique sucintamente por que os metais HC são, em geral, mais frágeis do que metais CFC e CCC?

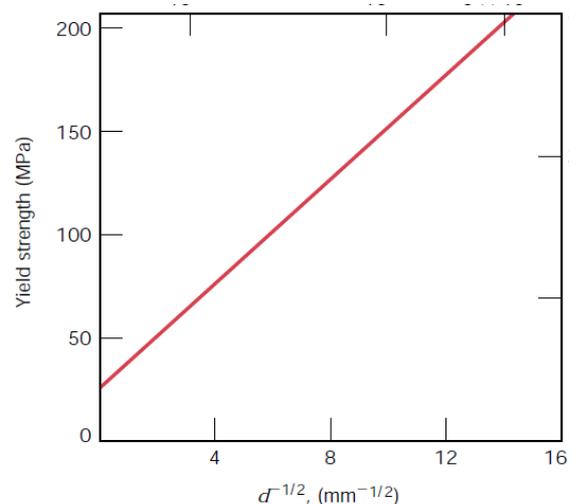
81º) Descreva como a deformação plástica ocorre pelo movimento de discordâncias aresta e espiral em resposta a aplicações de tensões de cisalhamento.

82º) O que difere uma discordância aresta e uma discordância espiral?

83º) Descreva 2 (dois) defeitos bidimensionais nos materiais.

84º) Explique sucintamente por que os contornos de grão com baixo ângulo não são tão eficazes na interferência no processo de escorregamento quanto os de alto ângulo.

85º) A partir do gráfico de tensão limite de escoamento em função do (diâmetro do grão)^{0,5} (Comportamento de Hall-Petch) para um cartucho de latão, determine os valores da tensão de escoamento de um material teórico, monocristalino, e a constante K deste material. A seguir, estime a tensão de escoamento desta liga quando o diâmetro médio do grão é igual a 10^{-3} mm. Resp.: $\sigma_0 = 25$ MPa, $\sigma_{esc} = 450$ MPa



86º) Descreva como a deformação plástica ocorre pelo movimento de discordâncias aresta e espiral em resposta a aplicações de tensões de cisalhamento.

87º) Quanto às propriedades dos materiais:

a) Explique os mecanismos de deformação plástica e elástica a partir de uma perspectiva atômica. Nesta perspectiva o que representa e como se dá a fratura?

b) Explique detalhadamente como se dá a variação da resistência mecânica e da ductilidade em metais, em função da alteração do tamanho de grão, esboçando a equação e gráfico de Hall-Petch.

88º) Quanto às propriedades dos materiais:

a) Qual a influência da redução do tamanho de grão nas propriedades mecânicas de um material? Por que isso ocorre?

b) Explique a Teoria de Griffith e como ela influencia nas propriedades mecânicas dos materiais. Essa teoria deve ser aplicada a qual(is) tipo(s) de materiais? Explique.

89º) Quais os principais mecanismos de aumento de resistência em metais? Descreva como esse aumento de resistência ocorre em função de cada mecanismo.

90º) Dois corpos de prova, inicialmente não deformados, feitos de uma mesma liga, devem ser submetidos a deformação plástica pela redução de suas áreas de seção reta. Um dos corpos de prova possui seção reta circular, enquanto o outro possui seção reta retangular e, durante a deformação, as seções devem manter suas formas geométricas (circular e retangular).

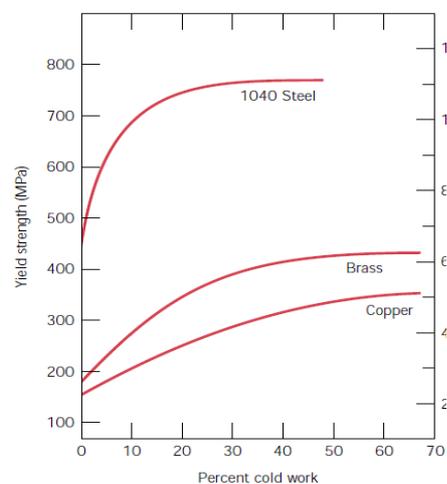
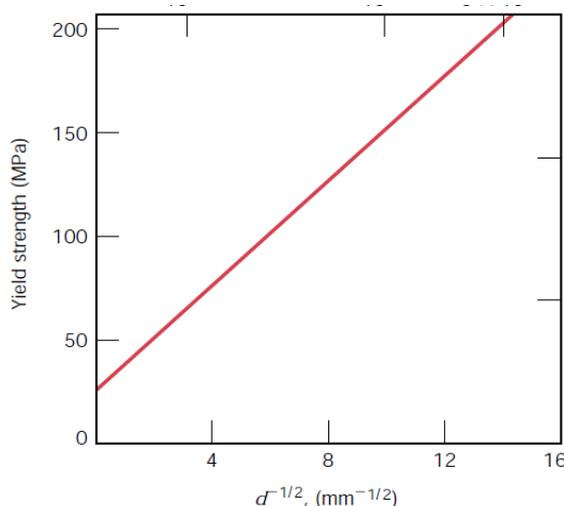
Se as dimensões originais e após a deformação são apresentadas na Tabela abaixo, responda qual dos corpos de provas será mais duro após a deformação plástica e por quê? Resp.: O circular, pois, apresenta maior % de trabalho a frio (43,8%).

	Seção Circular (d, mm)	Seção Retangular (d, mm)
Dimensões Originais	15,2 mm	125mm x 175mm
Dimensões após deformação	11,4 mm	75mm x 200mm

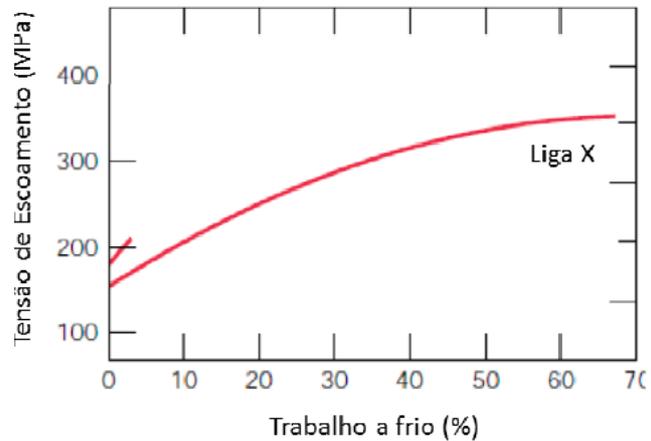
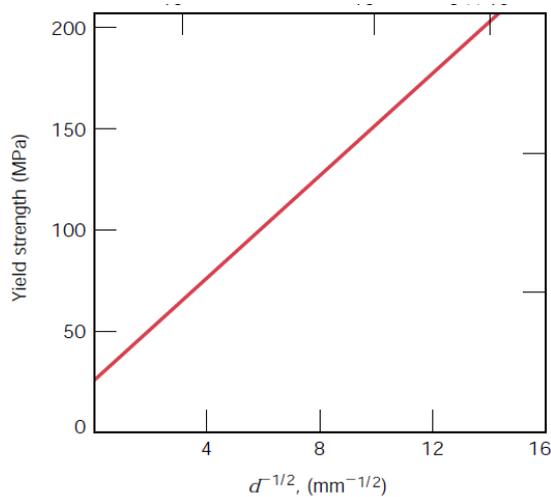
91º) Quanto às propriedades dos materiais:

a) Um corpo cilíndrico de cobre que foi trabalhado a frio até 25%. Se o seu raio após o trabalho a frio é de 10mm, qual era o seu raio antes da deformação? Qual será o diâmetro desta peça se ela continuar sendo trabalhada até atingir uma tensão de escoamento de 300 MPa? Resp.: 4,76 μm ; 25 MPa

b) Determine o diâmetro médio do grão para uma amostra de cobre que sofreu trabalho a frio de 10%. Resp.: 5 μm .



92º) Determine o diâmetro médio do grão para uma amostra de liga X que sofreu trabalho a frio de 10%. Qual a resistência de uma hipotética liga X monocristalina? Resp.: 4,76 μm ; 25 MPa



93º) Quanto às propriedades dos materiais:

a) O limite de escoamento para uma amostra de latão com diâmetro médio de grão igual a 10^{-2} mm é de 150 MPa. Em um diâmetro de grão de $5 \cdot 10^{-3}$ mm, o limite de escoamento aumenta para 207 MPa. Quais os valores teóricos de limite de escoamento para uma amostra com diâmetro de grão de 0,001 mm e para uma amostra monocristalina de latão? Resp.: 447,5 MPa / 12,4MPa

b) Explique detalhadamente por que e como a presença de impurezas, sejam elas maiores ou menores que o átomo da rede, influenciam nas propriedades mecânicas.

94º) Quanto às propriedades dos materiais:

a) Como o tamanho de grão influencia nas propriedades mecânicas dos materiais? Por que um metal com contorno de grão de alto ângulo possui resistência tão diferente de outro com baixo ângulo? Explique detalhadamente.

b) A resistência à fratura de um material sólido é uma função das forças de coesão que existem entre os átomos. No entanto, por que os valores de resistência reais podem ser até 1000 vezes inferiores aos teóricos?

c) Quais as principais diferenças entre uma fratura frágil e uma fratura dúctil?

95º) Quanto às propriedades dos materiais:

a) Normalmente, materiais anisotrópicos são mais resistentes do que os isotrópicos. Você concorda com esta afirmação? Explique.

b) Quais as etapas da falha por fadiga e no que elas se diferenciam de uma fratura convencional? O que representa a vida em fadiga?

96º) Diferencie os fenômenos de fadiga e fluência. Como podemos aumentar a resistência à fadiga e à fluência de uma dada peça? A partir de qual momento a fluência se torna um fenômeno preocupante?

97º) Quanto às propriedades dos materiais

a) É possível que duas ligas metálicas, com mesma composição química e estrutura cristalina apresentem resistências mecânicas diferentes? Por que (ou como)? Justifique.

b) Explique detalhadamente como se dá o aumento da resistência por encruamento (trabalho a frio).

98º) Quais os três fatores que influenciam na vida em fadiga e na fluência de um material?

UNIDADE II



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
DCTM – DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS DE MATERIAIS

LISTA DE EXERCÍCIOS 2

1º) Esboce esquematicamente um diagrama tensão x deformação de um aço, com patamar e escoamento bem definido e mostre neste diagrama todas as informações que podem ser obtidas por meio dele. Quais fatores são motivo de preocupação no momento de realização dos ensaios (operação) e podem alterar significativamente os resultados?

2º) Quanto às propriedades mecânicas dos materiais:

a) Determine o módulo de elasticidade de ligas abaixo

Material	Limite de Escoamento (MPa)	Módulo de Resiliência (MPa)
Liga de Ferro Fundido	130	0,050
Liga de Molibdênio	565	0,485
Liga de Alumínio	250	0,453
Liga de Titânio	800	2,991

Resp.: 169, 329, 69, 107 GPa.

b) Cite 3 (três) fatores que influenciam nos resultados de um ensaio de tração e quais as precauções que devemos ter ao realizar este tipo de ensaio.

c) Qual(is) a(s) diferença entre tensão de engenharia e tensão verdadeira? Por que elas ocorrem e qual devemos levar em consideração nos cálculos estruturais?

d) Quais os principais parâmetros que devem ser atendidos ao utilizarmos um aço CA-25 para a construção civil (armaduras)?

3º) Quais os possíveis comportamentos dos materiais quando sofrem uma tensão cíclica e oscilante? (esboce estes comportamentos) Como determinamos o limite de resistência à fadiga em cada um dos casos, caso haja?

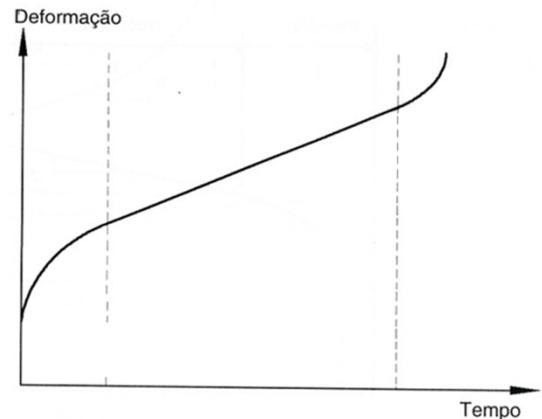
4º) Quais as duas formas mais comuns de determinar a tenacidade de um material? Explique, de forma ilustrativa.

5º) Quanto às propriedades mecânicas dos materiais:

a) Qual a diferença entre tensão de engenharia e tensão verdadeira? Expresse graficamente esta diferença, explicando-a.

b) O que é tenacidade? Como se determina graficamente e experimentalmente esta grandeza?

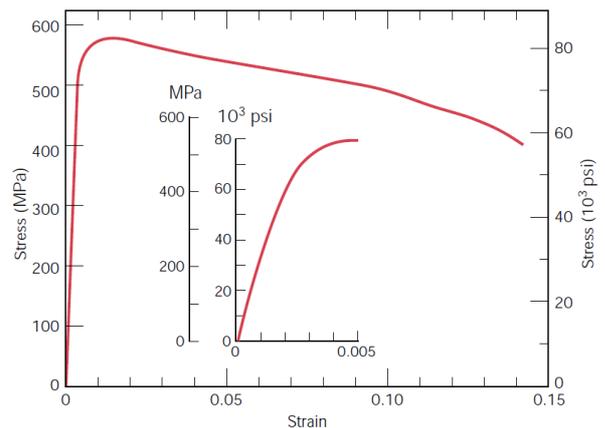
c) O gráfico ao lado é típico de qual tipo de ensaio? Como você o interpretaria? Explique cada uma das fases.



6º) Quanto às propriedades mecânicas dos materiais:

a) O que diferencia os aços CA-25, CA-50 e CA-60 quanto a seu processo de fabricação e propriedades finais?

b) Uma amostra de aço, com seção reta retangular de 19mm por 3,2mm, possui o comportamento tensão deformação mostrado no gráfico ao lado. Se este corpo de prova é submetido a uma força de tração de 23,4 kN, calcule o valor da deformação. Será elástica e plástica? Se o comprimento original é de 460mm, quais serão os seus comprimentos após a carga de 23,4 kN ser aplicada e depois de liberada?



Resp.: 0,2% / elástica / 460,92mm e 460 mm

7º) Quanto as propriedades mecânicas de uma liga de latão, com módulo de elasticidade de 97 GPa, determine:

a) Um corpo de prova cilíndrico, com diâmetro de 12,8 mm e comprimento de 50,8 mm é tracionado até sua ruptura. O diâmetro no ponto de fratura é de 6,6 mm e o comprimento da amostra é de 72,14 mm neste momento. Calcule a ductilidade em termos da redução percentual de área e do alongamento percentual.

Resp.: $\Delta A = 73,4\%$ e $\Delta L = 42\%$

b) Se pretende utilizar este material para aplicações que necessitem de módulo de resiliência de pelo menos 0,75 MPa. Qual deve ser a tensão de escoamento mínima e a deformação elástica máxima para este material? Resp.: $\Delta A = 381\text{MPa}$ e 0,393%

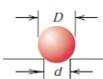
8º) Cite as duas técnicas mais comuns para ensaio de dureza. Observe 2 diferenças.

9º) Quanto à dureza dos materiais:

a) No que consiste a escala de Mohs? Qual a sua aplicabilidade na engenharia?

b) Um penetrador para ensaios de dureza Brinell com 10mm de diâmetro produziu uma impressão com diâmetro de 1,62mm em uma liga de aço, quando foi usada uma carga de 500 Kgf. Calcule a dureza deste material. Resp.: 241 HB

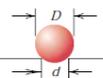
c) Qual deverá ser o diâmetro de uma impressão para produzir uma dureza de 450 HB, quando uma carga de 500 kgf é usada? Resp.: 1,19 mm

Test	Indenter	Shape of Indentation		Load	Formula for Hardness Number ^a
		Side View	Top View		
Brinell	10-mm sphere of steel or tungsten carbide			P	$HB = \frac{2P}{\pi D[D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$

10º) Quanto à dureza dos materiais:

a) Um indentador para ensaios de dureza Brinell com 10mm de diâmetro produziu uma impressão com diâmetro de 2,5 mm em uma liga de aço, quando foi usada uma carga de 1.000 Kgf. Calcule a dureza HB deste material. Resp.: 200,5 HB

b) Qual deverá ser o diâmetro de uma indentação para produzir uma dureza de 300 HB, quando uma carga de 500 kgf é usada? Resp.: 1,45 mm

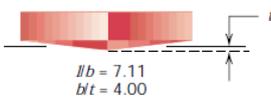
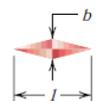
Test	Indenter	Shape of Indentation		Load	Formula for Hardness Number ^a
		Side View	Top View		
Brinell	10-mm sphere of steel or tungsten carbide			P	$HB = \frac{2P}{\pi D[D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$

11º) Cite Quanto à dureza dos materiais:

a) A dureza não é um parâmetro característico do material. Você concorda com esta afirmação? Justifique. Resp.: Concordo...

b) Calcule a dureza Knoop quando uma carga de 500g produz uma indentação com comprimento diagonal maior de 100 µm. Resp.: 710 HK

c) A dureza HK medida de um dado material é 200. Calcule a carga aplicada se a indentação tem um comprimento diagonal de 0,25mm. Resp.: 0,880 kg

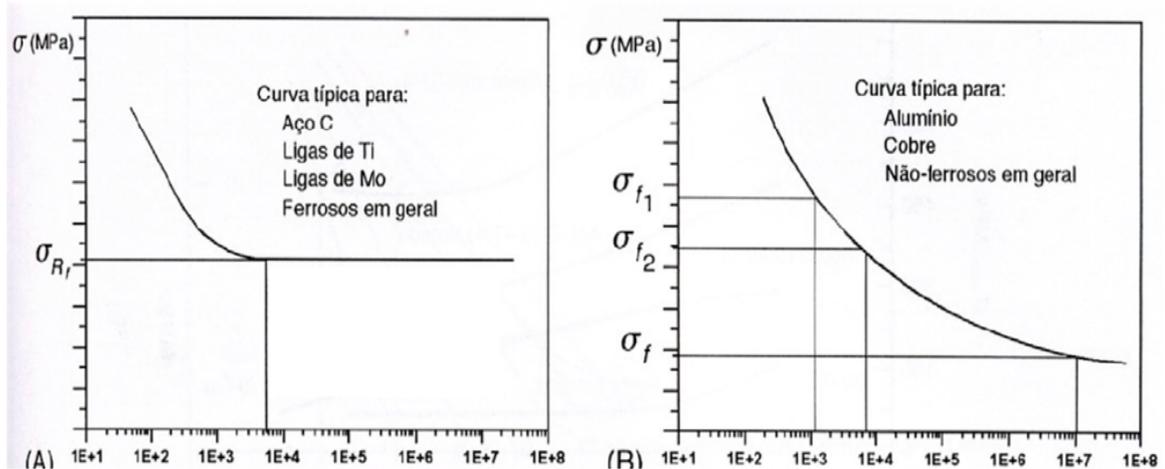
Knoop microhardness	Diamond pyramid			P	$HK = 14.2P/t^2$
---------------------	-----------------	---	--	---	------------------

12º) Quanto às propriedades mecânicas dos materiais:

a) Quais os dois principais cuidados que devemos ter ao realizar um ensaio de tração? Cite dois fatores que influenciam consideravelmente os resultados obtidos neste teste.

b) Quais os principais parâmetros que devem ser atendidos ao utilizarmos um aço CA-50 para a construção civil (armaduras)?

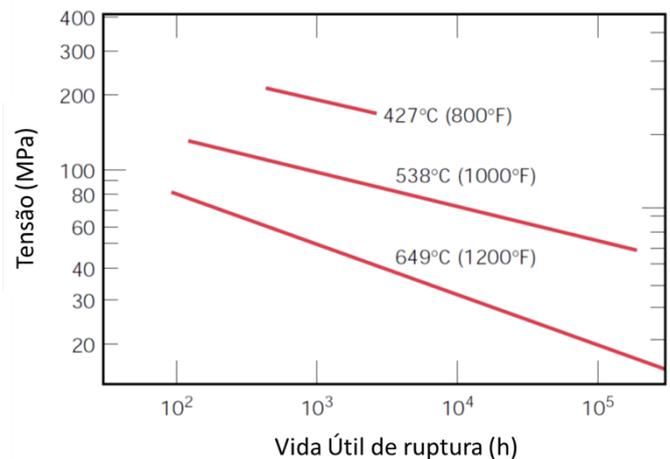
c) Os gráficos abaixo são típicos de qual(is) tipo(s) de ensaio? Como você os interpretaria?



13º) Com base no gráfico, utilizando-se uma liga carbono-níquel com baixo teor de liga

a) Se um componente possui um diâmetro de 12mm. Determine a carga máxima que pode ser aplicada para que esse componente sobreviva a 649°C por 500h.
Resp: 6,8 KN

b) Se um componente tiver que ser exposto a uma tensão de tração de 60 MPa a uma temperatura de 538°C, estime o tempo de vida até a ruptura.



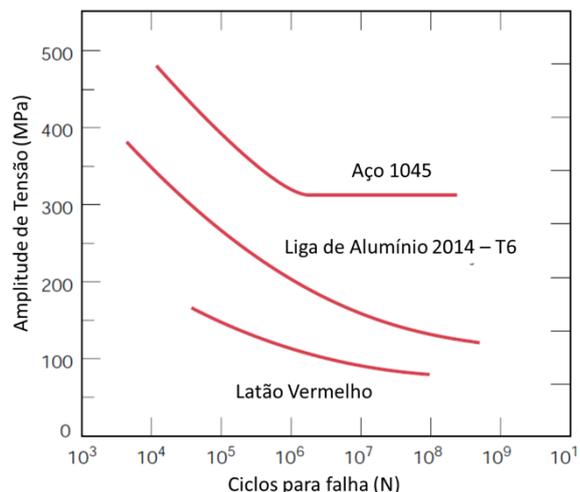
Considerando que se trata de uma barra cilíndrica com 10mm de diâmetro, qual a carga suportada nestas condições? Resp: 4,7 KN

14º) Utilizando os dados do gráfico abaixo, responda:

a) Um bastão cilíndrico com diâmetro de 8,0mm, fabricado a partir de uma liga de latão vermelho está sujeito a um ciclo alternado de tensão de tração e compressão ao longo do seu eixo. Se as cargas de tração e compressão máximas são de +7,5 kN e -7,5kN, respectivamente, determine a sua vida em fadiga. Resp.: 10^5 ciclos

b) Um bastão cilíndrico com diâmetro de 12,5mm, fabricado a partir de uma liga de alumínio 2014-T6 está sujeito a um ciclo alternado de tensão de tração e compressão ao longo do seu eixo. Calcule as cargas máxima e mínima que são aplicadas para produzir uma vida em fadiga de 10^7 ciclos. A tensão média foi de 50 MPa.

Resp.: -13,5kN e 25,8 kN



c) Um bastão cilíndrico de aço 1045 está sujeito a um ciclo repetitivo de tensões de tração e compressão ao longo do seu eixo. Se a amplitude da carga for de 22 kN, determine o diâmetro mínimo necessário para que não ocorra a falha por fadiga.

Resp: 9,5 mm

15º) Qual é a principal limitação do Diagrama de Equilíbrio de Fases? Como é possível compensar essa limitação?

16º) Esboce esquematicamente diagramas de fases simples isomorfos e eutéticos e identifique nestes diagramas as diferentes regiões das fases, além das curvas liquidus, solidus e solvus.

17º) Descreva as reações dos mais importantes pontos invariantes em diagramas de fases. Cite três variáveis que determinam a microestrutura de uma liga.

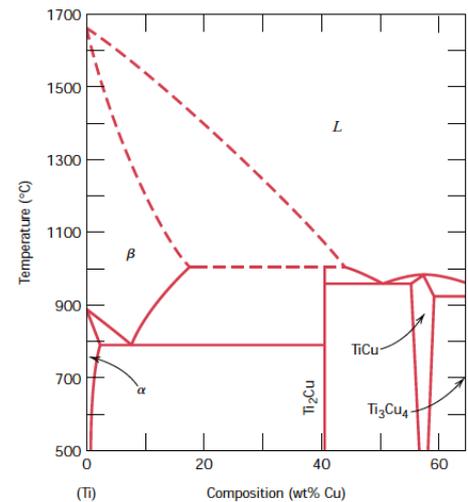
18º) A Figura ao lado mostra uma região do diagrama de fases para o sistema Ti-Cu, para o qual as regiões monofásicas estão identificadas.

a) Especifique onde existem pontos eutéticos, eutetóides, peritéticos e peritetóides e, escreva, para cada um, a reação que ocorre com o resfriamento.

Resp.: 51%Cu a 960°C (eutético)

7,5%Cu a 790°C (eutetóide)

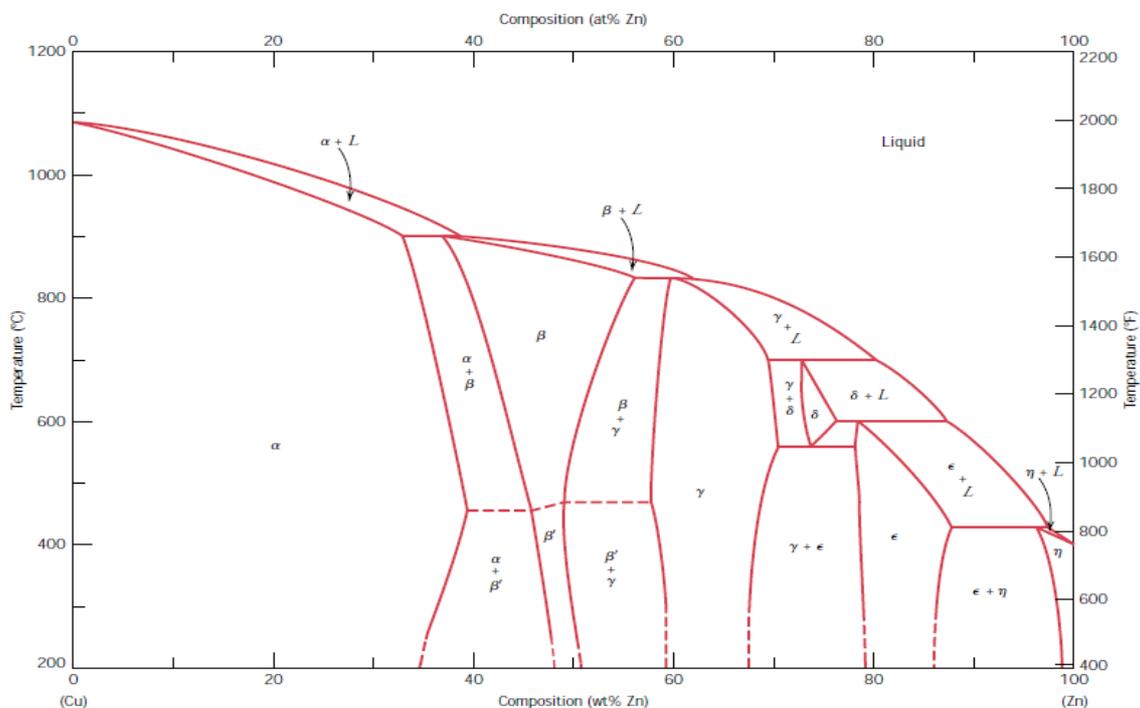
40%Cu a 1005°C (peritético)



b) Qual a composição e concentração de fases de uma liga com 50% de Ti a 900°C?

Resp.: 33,3%Ti₂Cu (40% Cu) e 66,7% TiCu (55% Cu)

19º) Para uma liga com 68%_p Zn – 32%_p Cu, faça esboços esquemáticos da microestrutura que seria observada para condições de resfriamento muito lento nas seguintes temperaturas: 1000°C, 760°C, 600°C e 400°C. Identifique suas microestruturas e suas composições aproximadas.



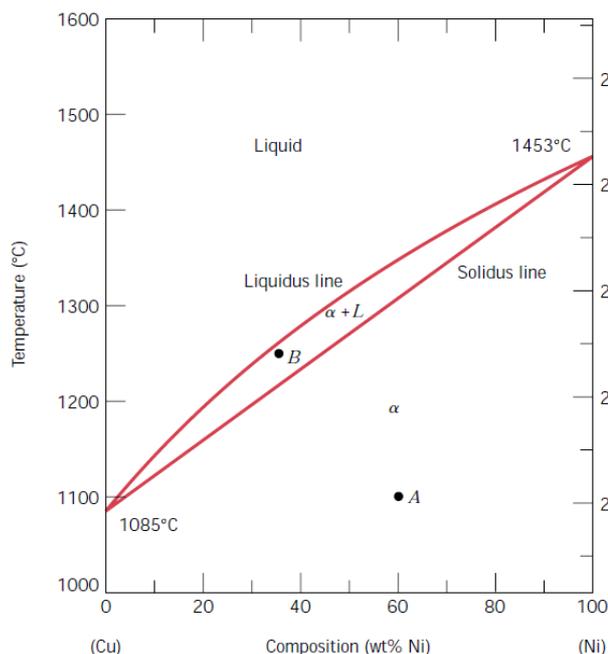
20º) Uma liga cobre-níquel cujo diagrama é apresentado abaixo contém 47%*p* Cu e 53%*p* Ni a 1300°C.

a) Quais são as composições das fases líquida e sólida a esta temperatura?

Resp.: L = 45% Ni, 55% Cu

α = 58% Ni, 42% Cu

b) Quais as concentrações das fases presentes? Resp.: 38% L e 62% α



21º) Uma liga cobre-níquel com composição 30%*p* Cu e 70%*p* Ni é aquecida lentamente a partir de uma temperatura de 1300°C.

a) A qual temperatura se forma a primeira fase líquida? Qual a sua composição? Resp.: 1350°C, 59%*m* Ni

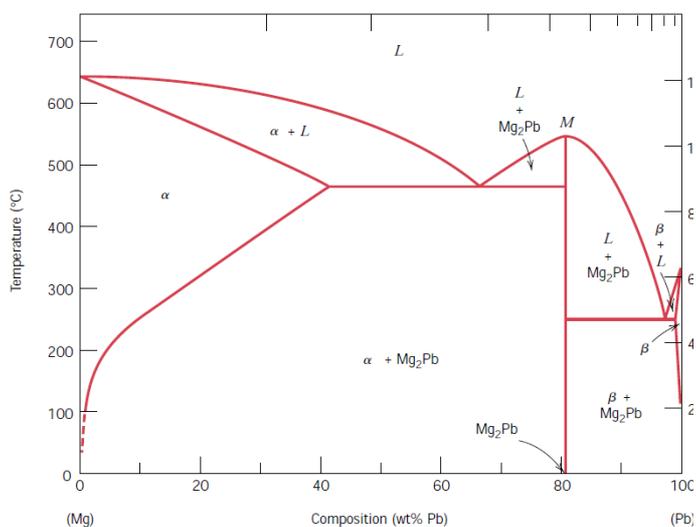
b) A que temperatura ocorre a fusão completa da liga? Resp.: 1380°C

c) Qual a composição do último sólido que permanece no meio antes da fusão completa? Resp.: 78%*m* Ni

22º) Quanto aos diagramas de fases de uma liga Mg-Pb:

a) É possível a existência de uma liga Mg-Pb contendo 70%*m* Mg, a qual, em condições de equilíbrio, consiste nas fases α e Mg_2Pb com massas de 7,39 kg e 3,81 kg, respectivamente? Se esta liga for possível, qual sua temperatura aproximada? Se não for, explique o motivo. Resp.: Sim. T = 195°C (3,7%*Pb*)

b) Qual a composição e a concentração de fases desta liga, contendo 75%*m* de Pb a 500°C? Resp.: 54,6%*L* e 44,4% Mg_2Pb



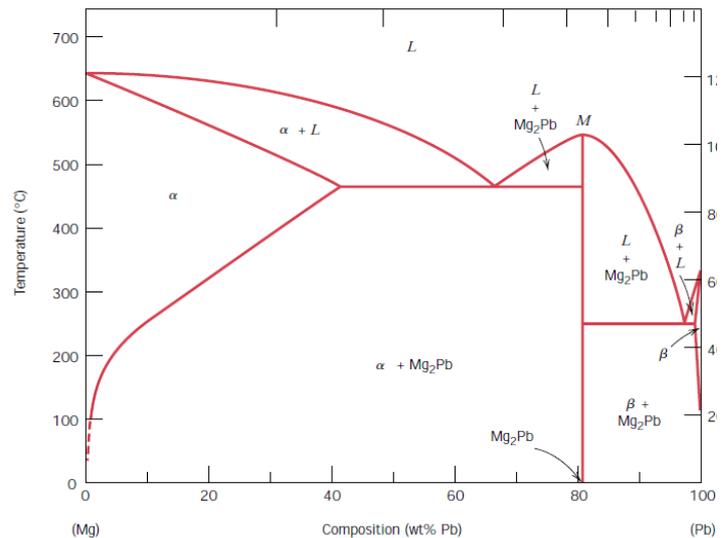
23º) Uma liga magnésio-chumbo com composição 50%p Pb e 50%p Mg é resfriada lentamente a partir de uma temperatura de 700°C para 400°C.

a) A qual temperatura se forma a primeira fase sólida? Qual a sua composição? Resp.: 550°C, 22%*m* Pb

b) A que temperatura ocorre a fusão completa da liga? Resp.: 465°C

c) Qual a composição do último líquida que permanece no meio antes da fusão completa?

Resp.: 66%*m* Pb



24º) Uma liga magnésio-chumbo com massa de 5,5 Kg consiste em uma fase α sólida com uma composição que está apenas um pouco abaixo do limite de solubilidade a 250°C.

a) Qual a massa de chumbo que se encontra nessa liga? Resp.: 550 g

b) Caso possamos aquecer esta liga até 350°C, qual a quantidade adicional de chumbo que podemos dissolver à fase α sem que o limite de solubilidade seja excedido? Resp.: 1,1 Kg

c) Caso a liga com a composição original (observada a 250°C) seja aquecida até 625°C, quais as fases presentes, composição e concentração da(s) mesma(s).

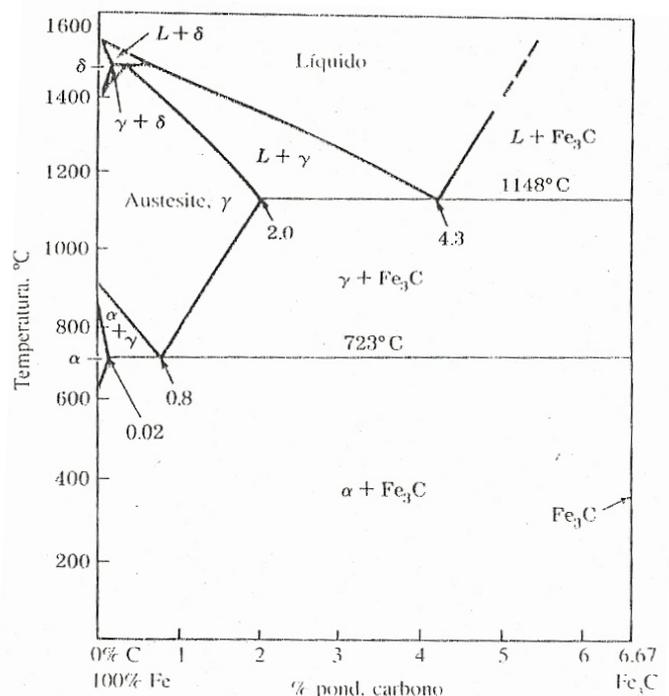
Resp.: 66,7% α (5%Pb e 95% Mg) e 33,3% L (20%Pb e 80% Mg)

25º) Considerando uma liga Fe-C:

a) A fração mássica de ferrita eutetóide de uma liga é de 0,82. Com base nessa informação, é possível determinar a composição da liga? Caso seja possível, qual(is) a possível(is) composições? Se não for possível, explique o motivo.

Resp.: Hipoeutetóide: 0,75%C / Hipereutetóide: 1,2%C

b) Para uma liga com 5%C, faça os esboços esquemáticos da microestrutura observada para condições de resfriamento muito lento às seguintes temperaturas: 1175°C, 1145°C e 700°C e determine as concentrações e composições das fases.



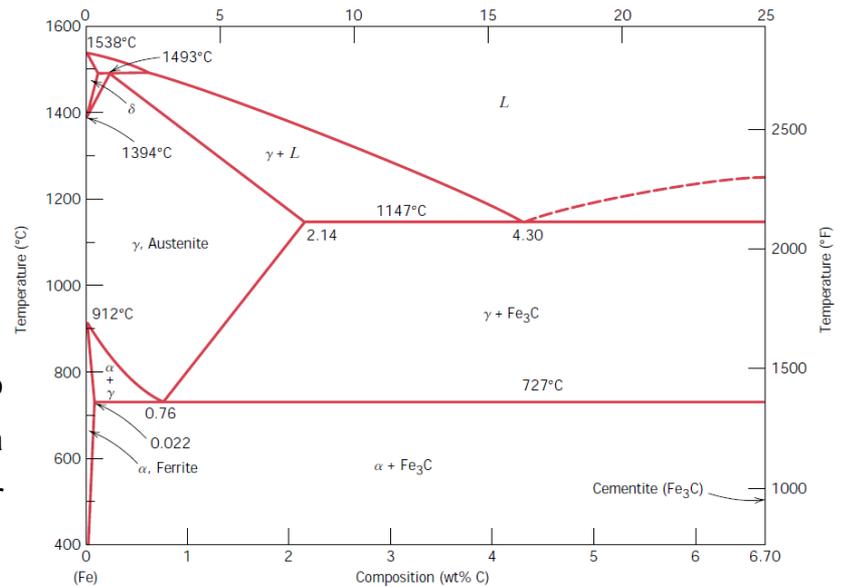
26º) Quanto aos diagramas de fases:

a) Em um aço hipoeutetóide existem tanto a ferrita eutetóide como a ferrita proeutetóide. Explique a diferença entre elas. Qual será a concentração de carbono em cada uma, em relação à liga eutetóide?

b) A microestrutura de uma liga ferro-carbono consiste em 84,6% de ferrita total. Determine a concentração de C nesta liga. Resp.: 1,05 %C

c) Quais as quantidades de fases ferritas eutetóide e proeutetóide; cementitas eutetóide e proeutetóide e perlita nesta liga?
Resp: $\alpha_e=84,6\%$, $\alpha_P=0\%$, $Fe_3C_P = 4,9\%$;
 $Fe_3C_e = 10,5\%$; Perlita = 95,1%

d) Caso haja um resfriamento brusco, a partir de 728°C, qual a quantidade de martensita a ser formada nesta liga? Resp.: 95,1%



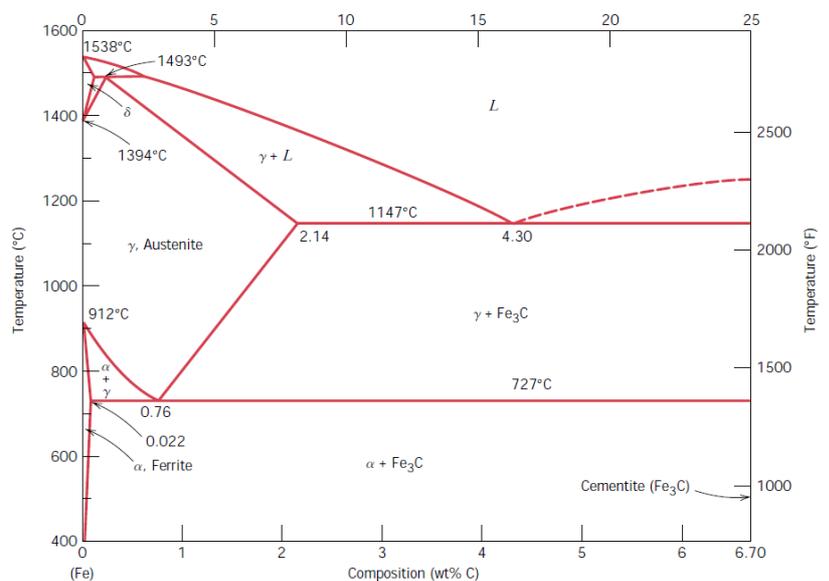
27º) Quanto aos diagramas de fases:

a) Qual é a fase proeutetóide para uma liga Fe-C na qual as frações mássicas de ferrita total e cementita são de 0,92 e 0,08, respectivamente? Por quê?

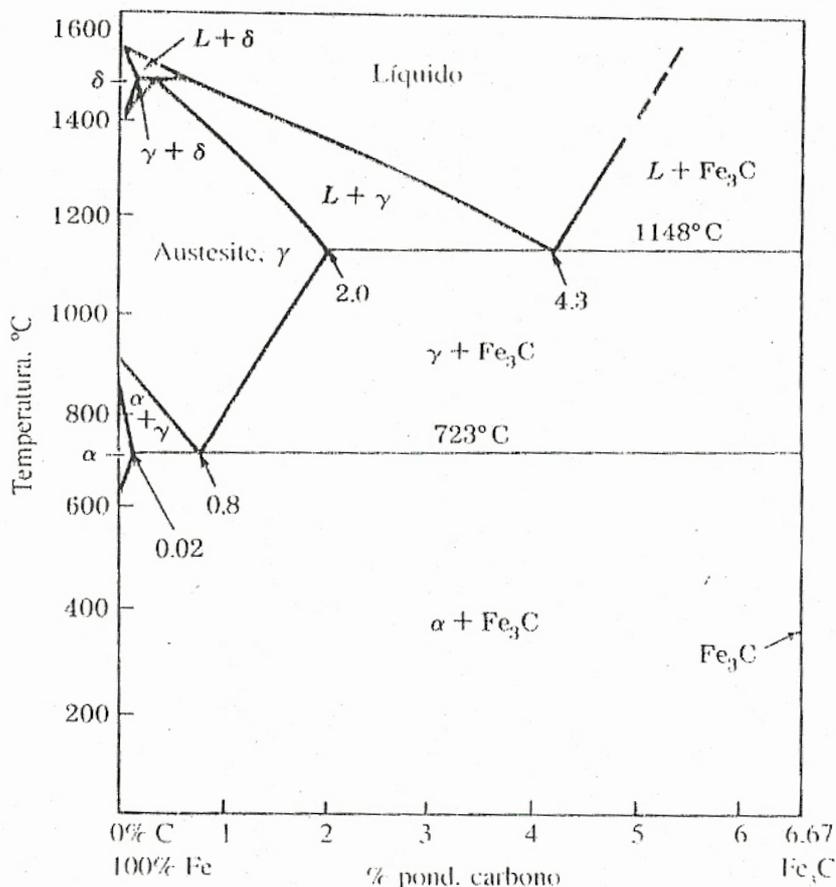
Resp.: Ferrita proeutetóide (%C = 0,56%)

b) É possível a existência de uma liga Fe-C para a qual as frações mássicas de ferrita total e cementita proeutetóide sejam de 84,6% e 4,9%, respectivamente? Por que sim ou não?

Resp.: Sim. (1,05 %mC)



28º) O diagrama de fases apresentado a seguir deve ser utilizado para as questões a seguir.



(i) Um aço-carbono hipoeutetóide com 0,40% C é resfriado lentamente desde 940 °C até uma temperatura ligeiramente acima de 723 °C.

a) Calcule a proporção em peso da austenita presente no aço. Resp.: 50%.

b) Calcule a proporção em peso da ferrita pró-eutetóide presente no aço.

Resp.: 50%.

(ii) Um aço-carbono hipoeutetóide com 0,40% C é resfriado lentamente desde 940 °C até uma temperatura ligeiramente abaixo de 723 °C.

a) Calcule a proporção em peso da ferrita pró-eutetóide presente no aço.

Resp.: 50%.

b) Calcule a proporção em peso da ferrita eutetóide e a proporção em peso da cementita eutetóide presentes no aço.

Resp.: ferrita eutetóide 44,3% e cementita 5,7%.

29º) Com relação às transformações de Fases do sistema Fe-C, qual é a distinção entre os aços hipoeutetóides e os hipereutetóides?

30°) Considere 3,5 Kg de austenita contendo 0,95% m C, resfriada até abaixo de 723°C (temperatura eutetóide).

a) Como se classifica essa liga?

Resp.: Ferro Fundido

b) Qual é a fase proeutetóide?

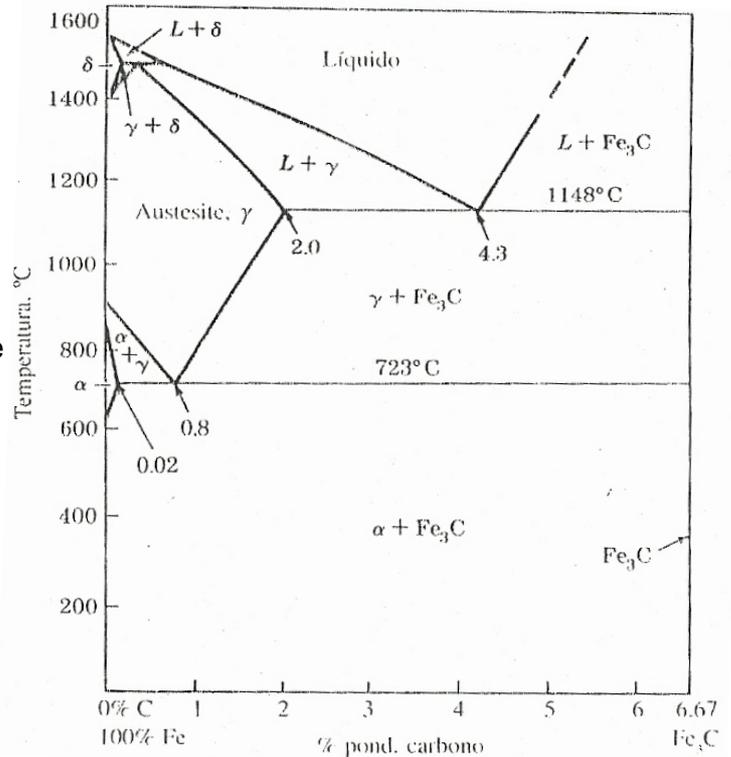
Resp.: Fe₃C

c) Quantos quilogramas de cementita e ferrita se formam? Resp.: 0,49kg / 3,01kg

d) Quantos quilogramas da fase proeutetóide e de perlita se formam?

Resp.: 0,11kg / 3,4kg

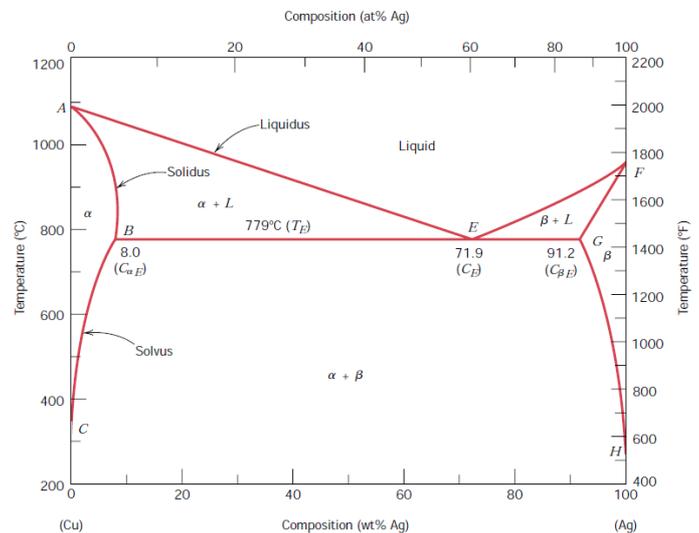
e) Esboce esquematicamente e identifique a microestrutura resultante desde o resfriamento da austenita.



31°) Quanto aos diagramas de fases de uma liga Cu-Ag:

a) É possível a existência de uma liga Cu-Ag contendo 50% m Ag, a qual, em condições de equilíbrio, consiste nas fases α e β com frações mássicas iguais a 60% e 40%, respectivamente? Se esta liga for possível, qual sua temperatura máxima? Se não for possível, explique.

Resp.: Não. A concentração mínima de α é 50%



b) Qual a composição e concentração de fases desta liga, contendo 80% m de Cu a 900°C?

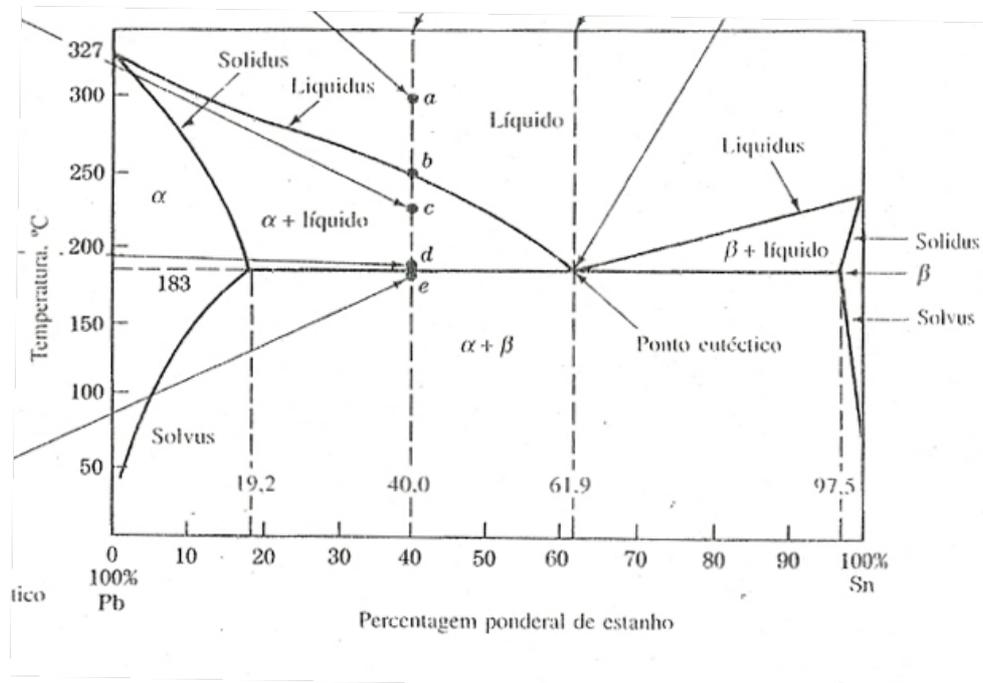
Resp.: 64,7% α / 35,3%L

32º) Um quilograma de uma liga com 20% Pb e 80% Sn é resfriada lentamente desde 300°C. Determine:

a) As porcentagens de líquido e β pró-eutético, imediatamente acima da temperatura eutética (183°C), assim como a composição e o peso, em quilogramas, de cada uma destas fases. Resp.: 49,15% / 50,85%

b) O peso, em quilogramas, das fases α e β formadas após o patamar eutético. Resp.: 22,35 / 26,8%

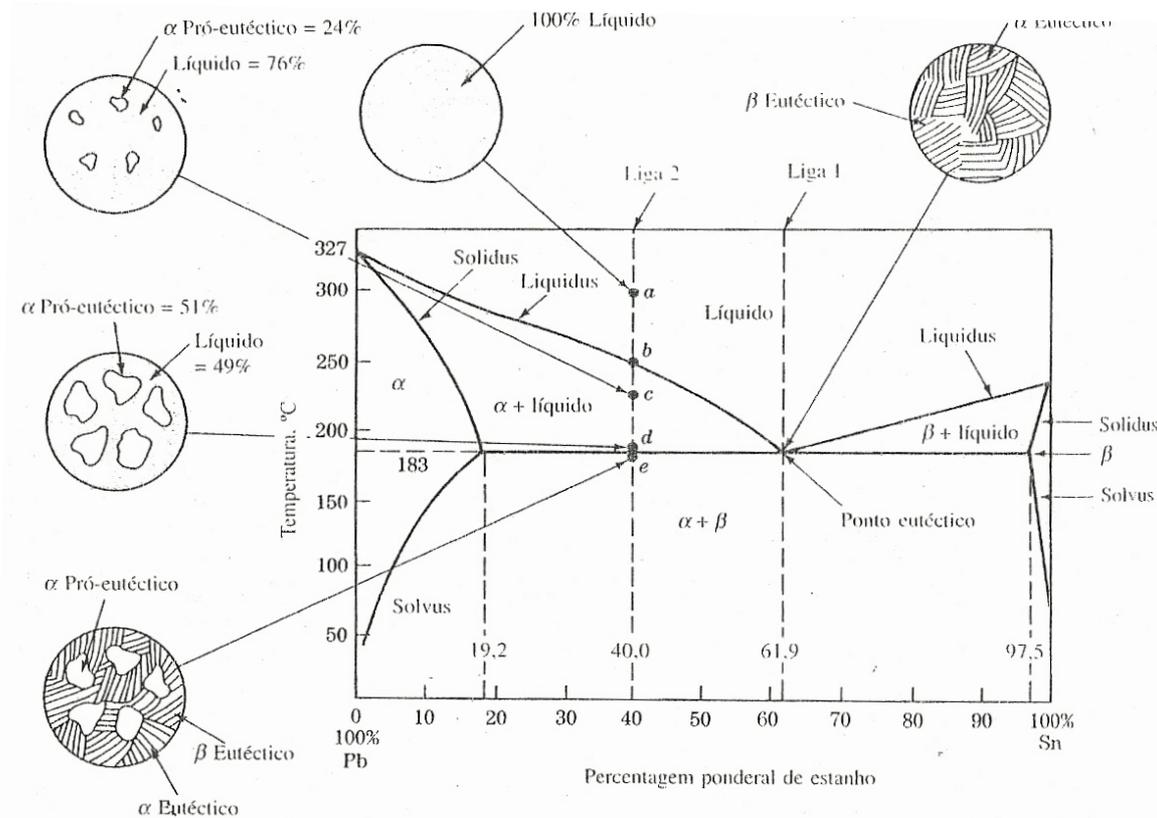
c) Considere uma liga chumbo-estanho que contém 33% de β pró-eutético e 67% de mistura eutética ($\alpha + \beta$) à temperatura logo inferior à eutética. Calcule a composição média desta liga. Resp.: 73,65%Sn / 26,35%Pb



33º) Para ligas de dois metais hipotéticos, A e B, existe uma fase α , rica em A, e uma fase β , rica em B. A partir das frações mássicas das duas fases para duas ligas diferentes, que se encontram à mesma temperatura, determine a composição das fases α e β a essa temperatura. Resp.: β : 20,23%A e 79,77%B / α = 90,01%A e 9,99%B

Composição da Liga	Fração da Fase α	Fração da Fase β
60%p A – 40%p B	57%	43%
30%p A – 70%p B	14%	86%

34º) O diagrama de fases apresentado a seguir deve ser utilizado para as questões abaixo.



i) Um quilograma de uma liga com 70% Pb e 30% Sn é resfriada lentamente desde 300°C. Determine:

a) As porcentagens de líquido e α pró-eutético, a 250 °C.

Resp.: 64% L, 36% α pró-eutético

b) As porcentagens de líquido e α pró-eutético, imediatamente acima da temperatura eutética (183 °C), assim como o peso, em quilogramas, de cada uma destas fases. Resp.:

25,3% L, 74,7% α pró-eutético

c) O peso, em quilogramas, das fases alfa e beta formadas durante a reação eutética.

Resp.: 86,2% α total (11,5% eutético), 13,8% β .

ii) Uma liga chumbo-estanho contém 64% de α pró-eutético e 36% de mistura eutética ($\alpha+\beta$) à temperatura logo inferior à eutética. Calcule a composição média desta liga. Observe o mesmo diagrama da questão anterior.

Resp.: 34,6% Sn e 65,4% Pb.

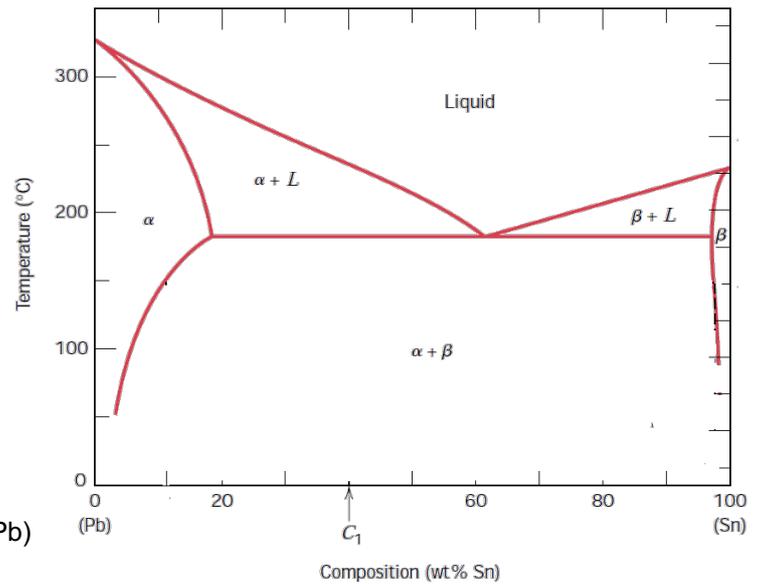
35º) Quanto ao diagrama Pb-Sn, responda:

a) Uma liga com 30% m de estanho é aquecida até uma temperatura dentro da região das fases α + líquida. Se a fração mássica de cada uma destas fases é 50%, estime a temperatura da liga e a composição das duas fases.

Resp.: 230°C / $C_{\alpha} = 15\%$ e $C_L = 42\%$.

b) Se essa mesma liga for resfriada até 150°C, como será sua microestrutura? Qual é a fase proeutética, sua concentração e composição?

Resp.: Fase α / $\%_{\alpha P} = 71,43\%$ (18% Sn e 82% Pb)



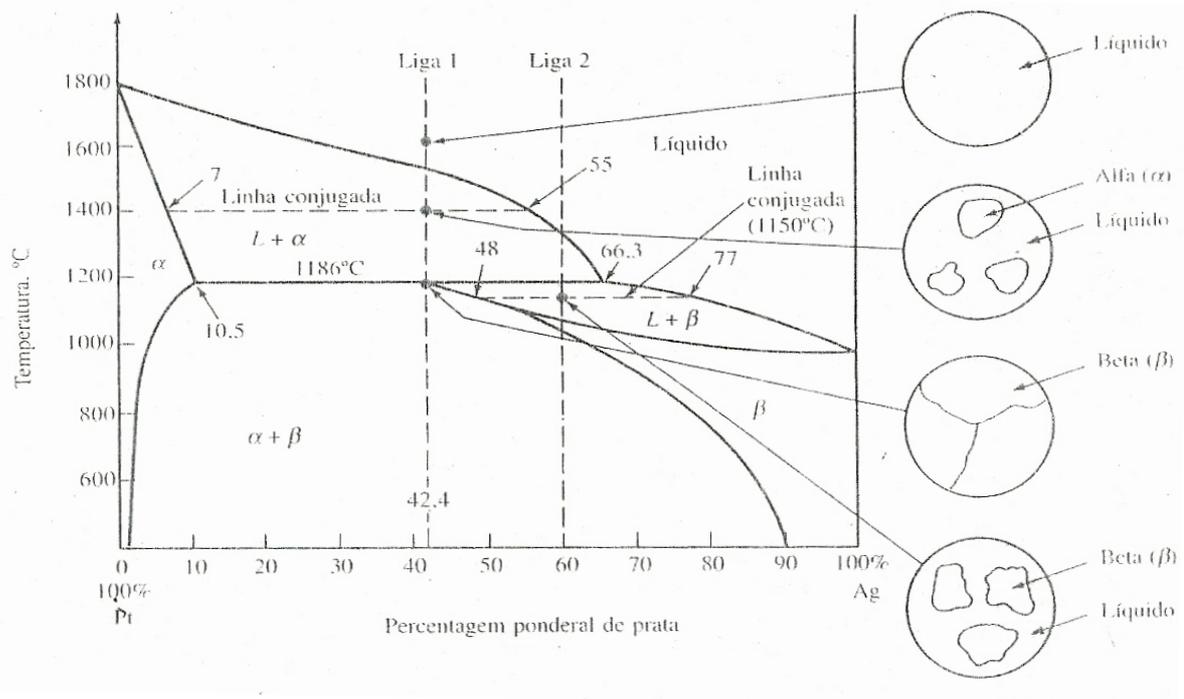
36º) Faça a análise das fases presentes nos seguintes pontos do diagrama de equilíbrio de fases platina-prata no diagrama abaixo.

a) Ponto com 42,4% Ag e 1400 °C; Resp.: 74,0% L e 26,0% α

b) Ponto com 42,4% Ag e 1186 °C, acima da temperatura eutetóide; Resp.: 57% L e 43% α

c) Ponto com 42,4% Ag e 1186 °C, abaixo da temperatura eutetóide; Resp.: 100,0 % β

d) Ponto com 60,0% Ag e 1150 °C. Resp.: 41,0% L e 59,0% β



37º) Considere 2,0 Kg de uma liga com 99,6% Fe e 0,4% C, que é resfriada a uma temperatura imediatamente abaixo da eutetóide.

a) Quantos quilogramas de ferrita total e cementita se formam? Resp.: 1,886 Kg / 0,114 Kg

b) Quantos quilogramas de ferrita eutetóide e proeutetóide se formam?

Resp.: 0,86 Kg / 1,026 Kg

c) Quantos quilogramas de perlita se formam? Resp.: 0,974 Kg

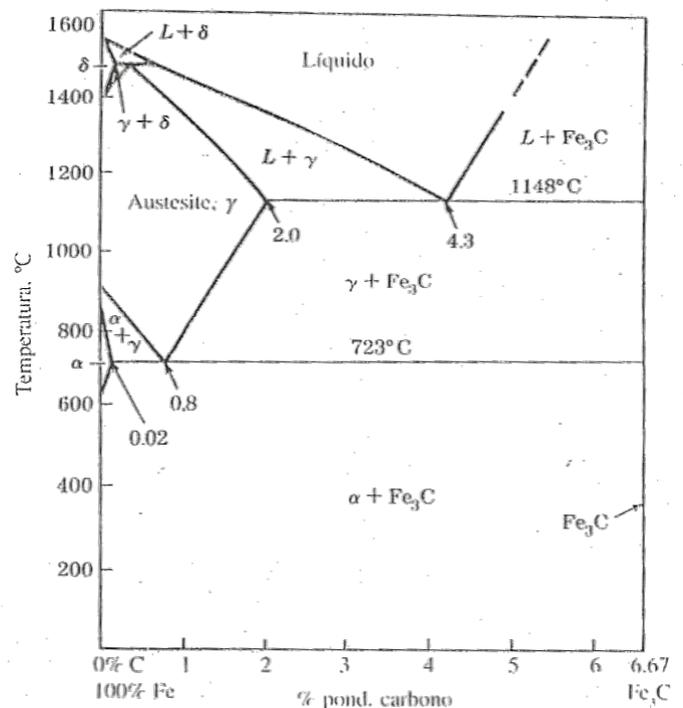
e) Quais os pontos invariantes deste diagrama? Defina onde estão estes pontos, sua reação e o nome desta reação.

38º) Quanto ao diagrama Fe-Fe₃C:

a) É possível a existência de uma liga Fe-C para a qual as frações mássicas de cementita total e perlita sejam de 3,9% e 41,7%, respectivamente? Por que sim ou não?

Resp.: Não é possível (nenhum %C)

b) Calcule a fração mássica de ferrita eutetóide possível para uma liga Fe-C que contém 0,43%p C. Resp.: 46,4%



39º) Quanto ao diagrama Fe-Fe₃C, responda:

a) A microestrutura de uma liga Fe-C consiste em 20% de ferrita proeutetóide e 80% de perlita. Determine a concentração de carbono desta liga. Resp.: 0,644% C

b) Calcule a fração mássica máxima de cementita proeutetóide possível para uma liga de aço hipereutetóide. Resp.: 22,8%

c) Quais os pontos invariantes deste diagrama? Defina onde estão estes pontos, sua reação e o nome desta reação.

40º) Considere uma liga Fe-C de composição eutética, resfriada até abaixo de 723°C (temperatura eutetóide).

a) Como se classifica essa liga?

Resp.: Ferro Fundido

b) Qual é a fase proeutetóide?

Resp.: Cementita (Fe_3C)

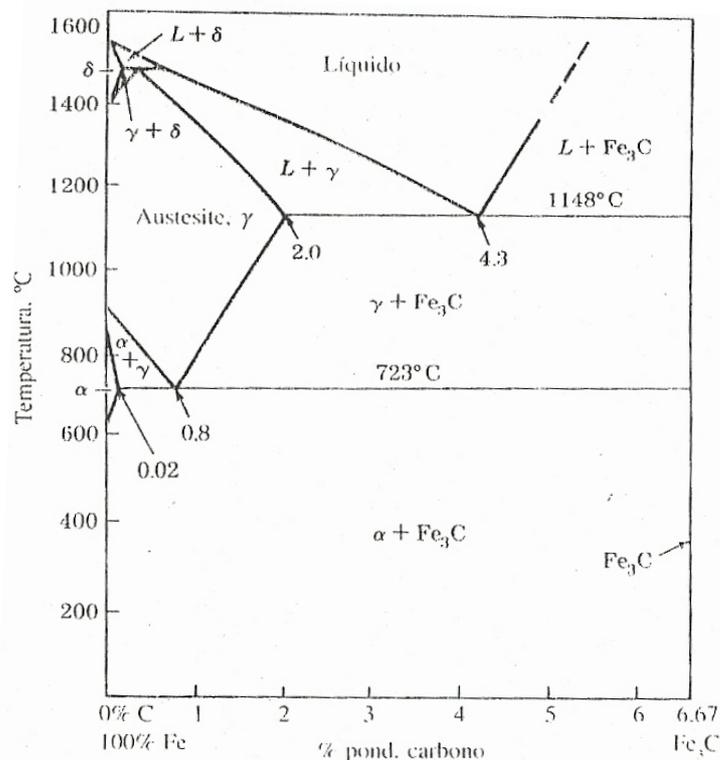
c) Quanto de cementita e ferrita se formam?

Resp.: 64,36% e 35,64%

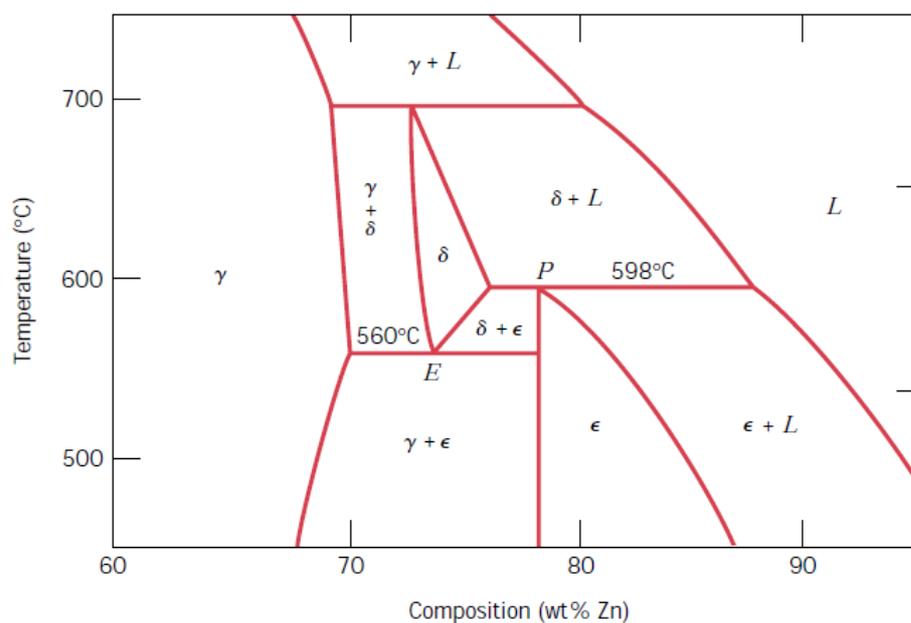
d) Quanto da fase proeutetóide e de perlita se formam?

Resp.: 59,62% e 40,38%

e) Esboce esquematicamente e identifique a microestrutura resultante desde o resfriamento da fase líquida.

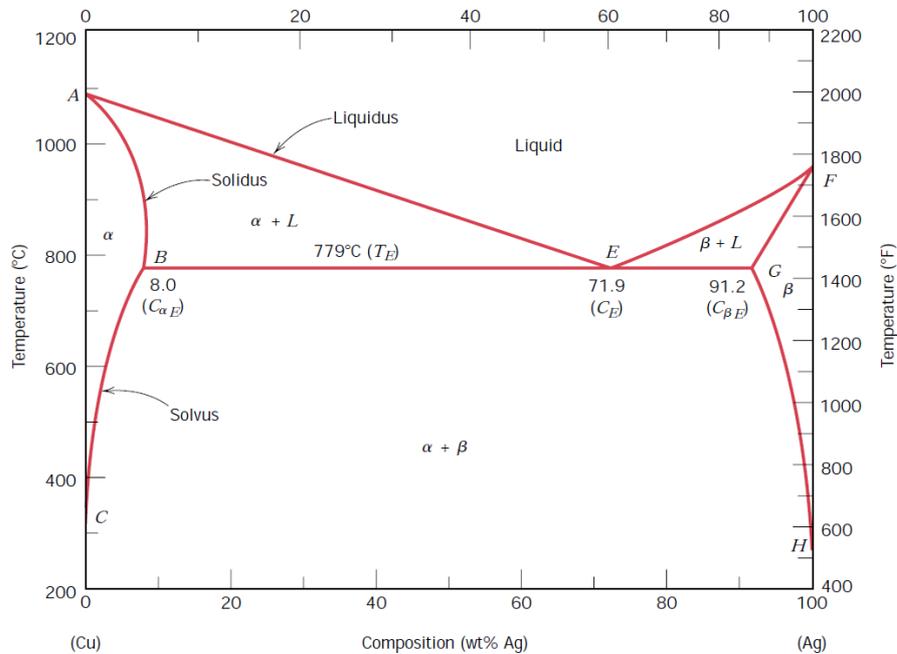


41º) Para uma liga com composição de 74%p Zn – 26%p Cu, cite as fases presentes e as suas respectivas composições nas seguintes temperaturas: 750°C, 690°C, 600°C e 500°C.

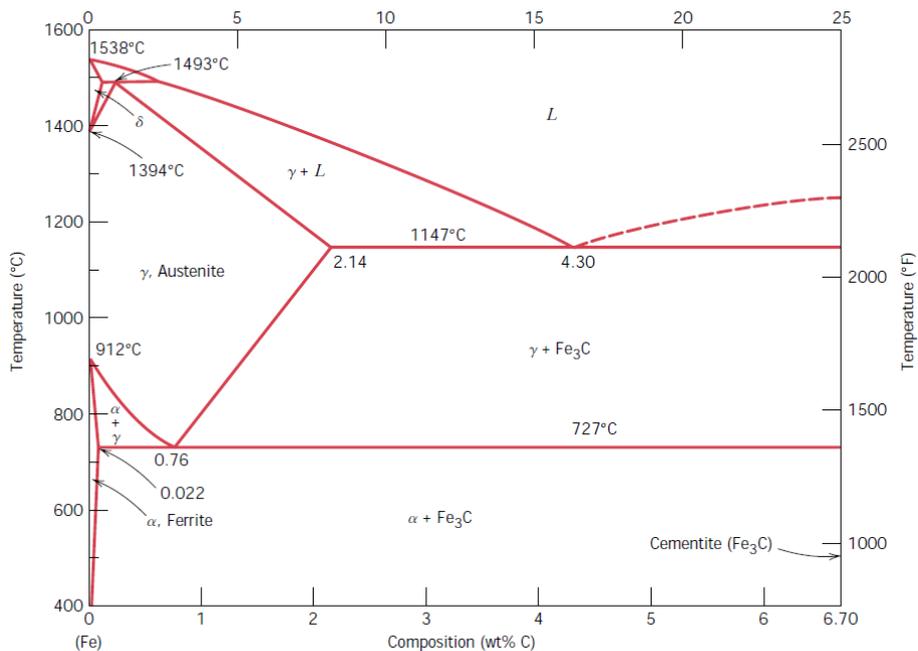


42º) Uma liga com 90%p Ag e 10%p Cu, é aquecida até uma temperatura dentro da região das fases β + líquido. Se a composição da fase líquida é de 85%p Ag, determine:

- a) a temperatura da liga. Resp.: 850 °C
 b) a composição da fase β . Resp.: 95% Ag – 5% Cu
 c) as frações mássicas de ambas as fases. Resp.: 50% cada.

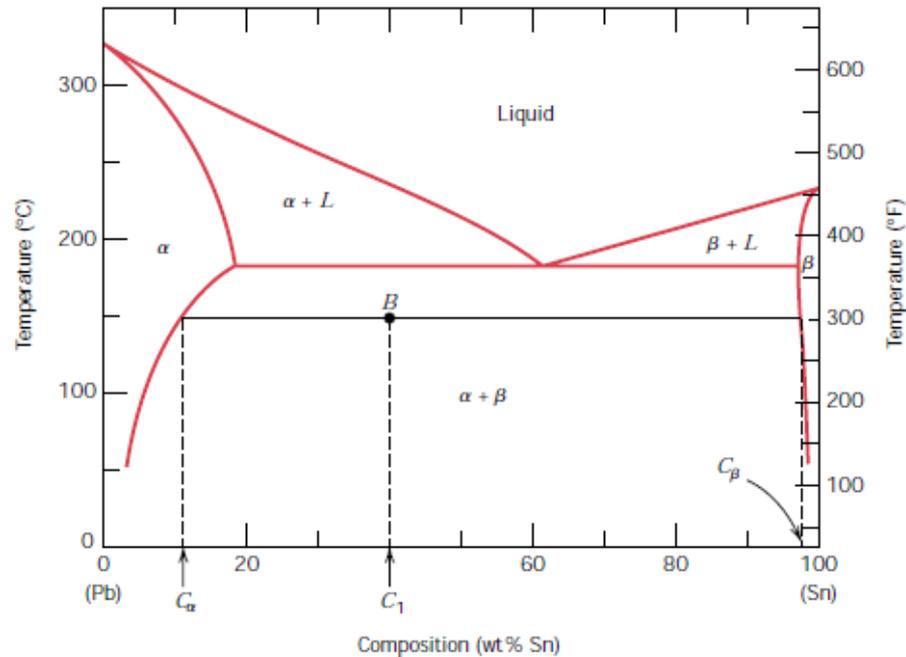


43º) As frações mássicas de ferrita total e cementita total em uma liga ferro-carbono são de 0,88 e 0,12, respectivamente. Essa liga é hipoeutetóide ou hipereutetóide? Por quê? Demonstre por meio de cálculos. Resp.: Hipereutetóide (%C = 0,82%)



44º) Mostre e explique como se desenvolve a microestrutura de uma liga resfriada a partir de 350 °C, em condições de equilíbrio, para as seguintes composições.

- a) 10% Sn;
- b) 30% Sn;
- c) eutético;
- d) 80% Sn.



45º) Cite os dois estágios envolvidos na formação de partículas de uma nova fase. Descreva sucintamente cada um.

46º) Por que as fases bainita e cementita globulizada não estão presentes no diagrama de fases do aço? É possível termos as fases perlita e cementita globulizada simultaneamente?

47º) Qual é a força motriz para a formação da cementita globulizada?

48º) Qual microestrutura é mais estável, a perlítica ou aquela com cementita globulizada? Por quê?

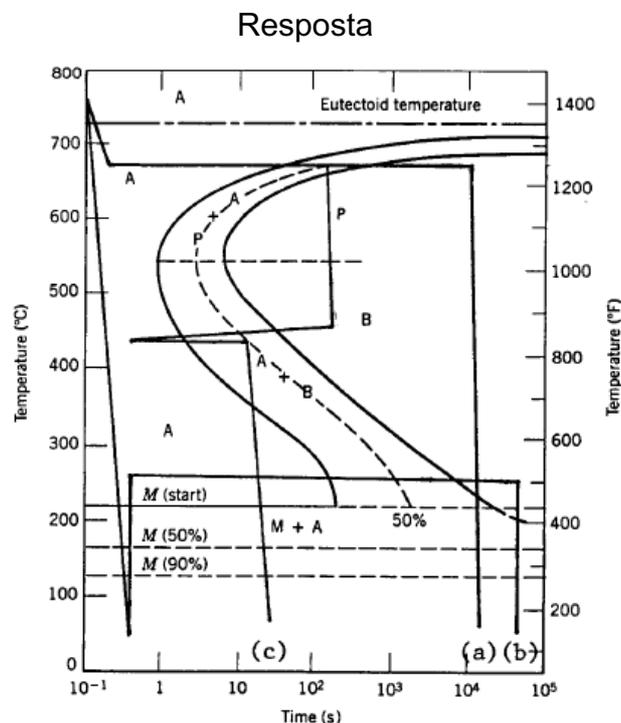
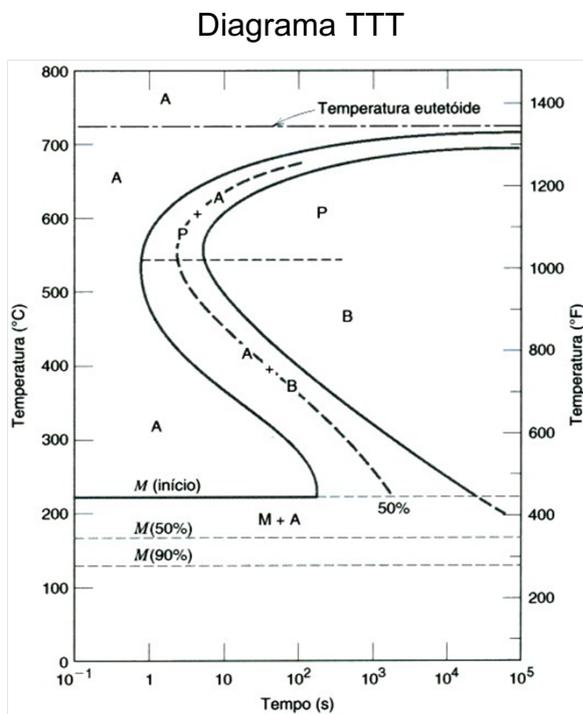
49º) A respeito da formação de fases formadas na produção do aço, responda;

a) Qual é a diferença entre os estados de equilíbrio de fase e de metaestabilidade?

b) Qual o processo para obtenção da martensita? Qual a microestrutura característica dessa fase?

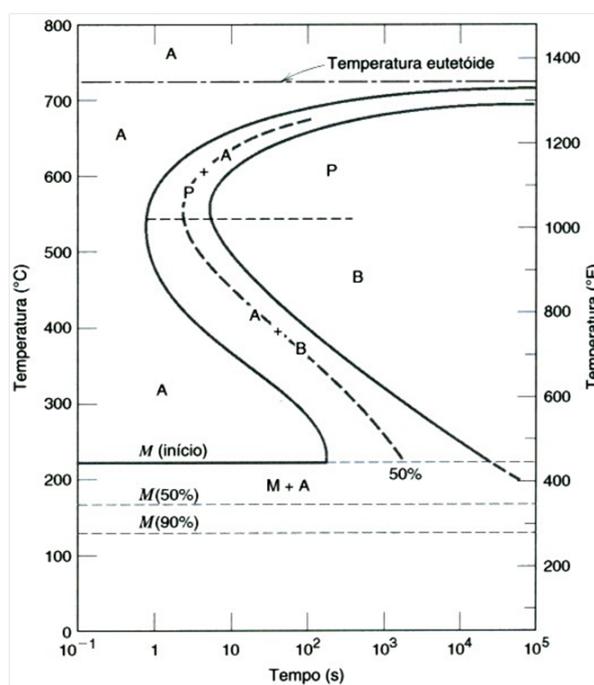
50°) Esboce e identifique sobre o diagrama tempo-temperatura (TTT) as trajetórias utilizadas para produzir as seguintes microestruturas:

- 100% perlita grosseira;
- 100% martensita revenida;
- 50% perlita grosseira, 25% bainita e 25% martensita



51°) Esboce e identifique sobre o diagrama tempo-temperatura (TTT) as trajetórias utilizadas para produzir as seguintes microestruturas:

- 50% ferrita proeutetóide e 50% perlita grosseira
- 50% perlita fina, 25% bainita e 25% cementita globulizada.
- 50% perlita fina e 50% bainita.
- 100% martensita.
- 50% bainita superior e 50% cementita globulizada.



52º) Descreva, brevemente, a microestrutura para cada uma das seguintes fases encontradas nas ligas de aço e associe estas microestruturas às suas propriedades mecânicas: perlita fina, perlita grosseira, esferoidita (cementita globulizada), bainita, martensita e martensita revenida.

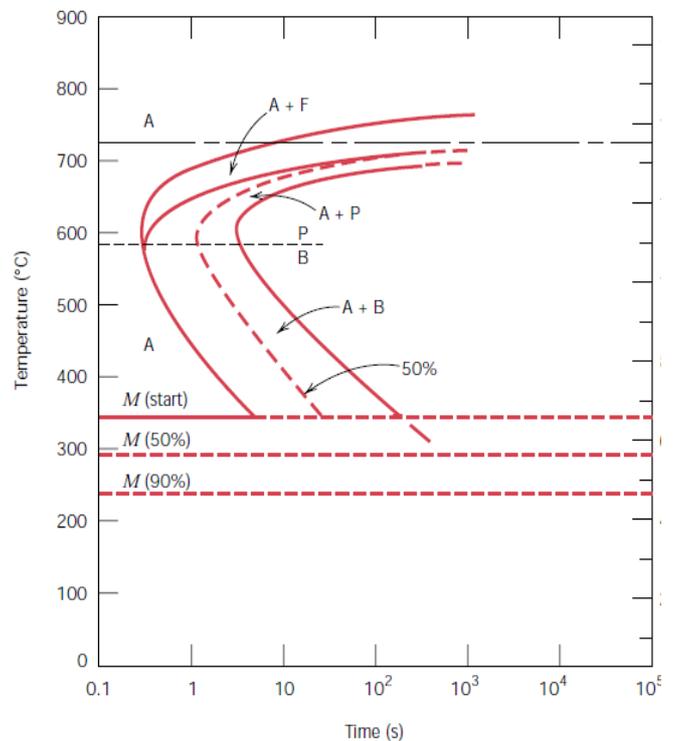
53º) Usando o diagrama de transformação isotérmica para uma liga de aço com 0,45%C, apresentado a seguir, com temperatura inicial de 845°C, determine a microestrutura final após:

a) Resfriamento rápido até 700°C, manutenção nessa temperatura por 30s seguida de têmpera até a temperatura ambiente. Resp.: Perlita Grosseira e Martensita

b) Resfriamento rápido até 400°C, manutenção nessa temperatura por 500s seguida de têmpera até a temperatura ambiente. Resp.: Bainita

c) Resfriamento rápido até 450°C, manutenção nessa temperatura por 10s, seguida de têmpera até a temperatura ambiente. Resp.: Bainita e Martensita

d) Resfriamento rápido até 250°C, manutenção nessa temperatura por 10^3 s seguida de têmpera até a temperatura ambiente. Resp.: Martensita



e) Resfriamento rápido até 650°C, manutenção nessa temperatura por 100s seguida de reaquecimento a 700°C, manutenção nessa temperatura por 10^5 s seguida de têmpera até a temperatura ambiente. Resp.: Esferoidita

f) Resfriamento rápido até 650°C, manutenção nessa temperatura por 3s seguida de resfriamento rápido até 400°C, manutenção nessa temperatura por 10s têmpera até a temperatura ambiente. Resp.: Perlita, bainita e martensita

54º) Usando o diagrama de transformação isotérmica para uma liga de aço, determine a microestrutura final (em termos de microconstituintes presentes e porcentagens aproximadas de cada) para uma amostra submetida aos tratamentos TTT. Suponha que as amostras se encontram inicialmente a 760°C.

a) Resfriamento rápido até 400°C, manutenção nessa temperatura por 2s e, então, têmpera até a temperatura ambiente.
Resp.: 100% Martensita

b) Resfriamento rápido até 400°C, manutenção nessa temperatura por 20s e, então, têmpera até a temperatura ambiente.
Resp.: 40% Bainita Superior e 60% Martensita

c) Resfriamento rápido até 600°C, manutenção nessa temperatura por 10s e, então, resfriamento rápido até 450°C, manutenção nessa temperatura por 10s e, então, resfriamento rápido até a temperatura ambiente. Resp.: 50% perlita Fina, 25% Bainita Superior e 25% Martensita

d) Resfriamento rápido até 700°C, manutenção nessa temperatura por 1.000s e, então, resfriamento rápido até a temperatura ambiente. Resp.: 50% perlita grossa e 50% Martensita

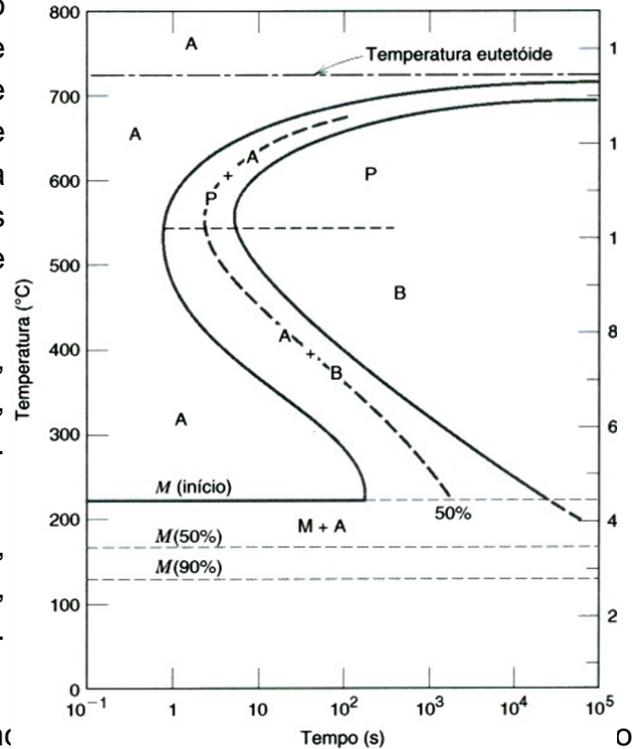
e) Reaquecimento da amostra da parte (a) até 700°C e manutenção dessa temperatura por 20h. Resp.: 50% esferoidita e 50% Martensita

f) Resfriamento rápido até 600°C, manutenção nessa temperatura por 4s, resfriamento rápido até 450°C, manutenção nessa temperatura por 10s e, então, resfriamento rápido até a temperatura ambiente. Resp.: 50% perlita Fina, 25% Bainita Superior e 25% Martensita

g) Resfriamento rápido até 400°C, manutenção nessa temperatura por 200s e, então, têmpera até a temperatura ambiente. Resp.: 100% Bainita Superior

h) Resfriamento rápido até 575°C, manutenção nessa temperatura por 20s, resfriamento rápido até 350°C, manutenção nessa temperatura por 100s e, então, têmpera até a temperatura ambiente. Resp.: 100% perlita Fina

i) Resfriamento rápido até 250°C, manutenção nessa temperatura por 100s e, então, têmpera em água até a temperatura ambiente. Reaquecimento até 315°C e manutenção nessa temperatura por 1 hora, seguido do resfriamento lento até a temperatura ambiente.
Resp.: 100% Martensita Revenida



55º) Por que algumas fases do aço, tais como a cementita globulizada, a bainita e a martensita não estão presentes no Diagrama de Fases da liga Fe-C?

56º) Explique resumidamente as diferenças que existem entre a perlita, a bainita e a cementita globulizada em relação às suas microestruturas e propriedades mecânicas.

57º) O que pode acontecer quando uma liga é resfriada fora das condições de equilíbrio? Esta situação é comum?

58º) Explique como ocorrem os tratamentos termoquímicos e cite dois tipos.

59º) Sobre os principais tipos de tratamentos nos metais:

a) Cite 4 (quatro) fatores que afetam de forma preponderante a eficiência e a qualidade dos tratamentos térmicos e termoquímicos.

b) Quais as principais diferenças entre os tratamentos térmicos e termoquímicos?

60º) Cite 3 motivos que levam as ligas ferrosas serem as mais utilizadas na construção civil e explique o mecanismo que leva os aços inoxidáveis terem uma maior resistência à corrosão em comparação aos aços comuns.

61º) Quanto à corrosão:

b) Qual a principal utilidade da Série de Potenciais de Eletrodo? Por que sua utilidade é limitada?

c) Descreva o processo de Fragilização por Hidrogênio nos metais. Explique o mecanismo e as conseqüências negativas de sua ocorrência.

62º) Metade de uma pilha eletroquímica consiste em um eletrodo de níquel puro imerso em uma solução de íons Ni^{2+} ; a outra metade é composta por um eletrodo de cádmio imerso em uma solução de Cd^{2+} . Se a pilha é do tipo padrão, escreva a reação global espontânea e calcule a voltagem que é gerada.



63º) Quanto à reação de corrosão:

a) Metade de uma pilha eletroquímica consiste em um eletrodo de platina pura imersa em uma solução de íons Pt^{2+} ; a outra metade é composta por um eletrodo de potássio imerso em uma solução de K^+ . Se a pilha é do tipo padrão, escreva a reação global espontânea e calcule a voltagem que é gerada. Resp.: $\text{Pt}^{2+} + 2\text{K} \rightarrow \text{Pt} + 2\text{K}^+$ $\Delta V = 4,124\text{ V}$



b) Metade de uma pilha eletroquímica consiste em um eletrodo de estanho puro imerso em uma solução de íons Sn^{2+} ; a outra metade é composta por um eletrodo de alumínio imerso em uma solução de Al^{3+} . Se a pilha é do tipo padrão, escreva a reação global espontânea e calcule a voltagem que é gerada.



c) Metade de uma pilha eletroquímica consiste em um eletrodo de chumbo puro imerso em uma solução de íons Pb^{2+} ; a outra metade é composta por um eletrodo de sódio imerso em uma solução de Na^+ . Se a pilha é do tipo padrão, escreva a reação global espontânea e calcule a voltagem que é gerada. Resp.: $\text{Pb}^{2+} + 2\text{Na} \rightarrow \text{Pb} + 2\text{Na}^+$ $\Delta V = 2,588\text{ V}$



64º) Quanto ao processo corrosivo nos materiais:

a) Qual a importância e quais as limitações da Série de potenciais? Como ela é obtida?

b) Existem materiais que não oxidam? Quais e por quê? Quais tipos de corrosão acometem o aço inoxidável?

65º) Quanto ao processo corrosivo nos materiais:

a) Por que a presença do cromo nos aços inoxidáveis torna estes aços mais resistentes à corrosão do que aços comuns para a maioria dos ambientes?

b) Cite dois exemplos benéficos e dois maléficos da corrosão galvânica.

66º) Quais as principais características da corrosão por pites? Por que é tão perigosa?

67º) Assim como o aço convencional, o aço inox forma uma película de óxidos em sua superfície, ao corroer. Assim, quais as 4 (quatro) características destes óxidos formados no aço inox que os diferenciam do aço comum? Em função da composição do aço inox, quais os dois tipos de corrosão que são mais danosos ao mesmo?

68º) Descreva o mecanismo de ocorrência e cite as principais formas de prevenir os seguintes tipos de corrosão:

- a) Em frestas.
- b) Puntiforme (por pites).
- c) Intergranular.
- d) Lixivia seletiva
- e) Corrosão Galvânica
- f) Erosão-corrosão

69º) Quanto ao processo corrosivo nos materiais:

- a) Descreva sucintamente o fenômeno da passividade. Cite dois tipos comuns de ligas que sofrem passivação.
- b) Cite duas vantagens e duas desvantagens no uso dos principais tipos de revestimentos protetores (orgânicos, metálicos e cerâmicos).

70º) Quanto ao processo corrosivo nos materiais:

- a) A fragilização por hidrogênio é um tipo de corrosão? Como ocorre e qual os danos que pode trazer ao metal?
- b) Explique o mecanismo da corrosão por frestas.
- c) Cite 3 (três) métodos de se prevenir a corrosão por meio de métodos baseados na modificação do meio corrosivo.

71º) Quanto ao processo corrosivo nos materiais:

- a) Por que os metais corroem? O que é necessário para que exista uma corrosão eletroquímica global?
- b) Explique o mecanismo de corrosão quando temos um teor de cloretos acima do tolerável em uma estrutura de concreto armado?
- c) Explique sucintamente o fenômeno de carbonatação e como este leva à corrosão das estruturas de concreto armado.
- d) Cite 3 (três) possíveis fontes da presença de cloretos no concreto.

72º) Quanto ao processo corrosivo nas estruturas de concreto:

- a)** Explique o fenômeno da corrosão das armaduras de aço por ação de cloretos e quais os prejuízos que ela pode trazer ao concreto armado.
- b)** Como as armaduras de aço do concreto armado podem despassivar, estando aptas à corrosão? Explique sucintamente.
- c)** Cite 3 (três) medidas que devem ser tomadas a fim de garantir a eficiência da proteção catódica em uma estrutura.

73º) Quanto ao processo corrosivo nas estruturas de concreto:

- a)** É possível ocorrer corrosão em estruturas de concreto armado que não estejam submetidas a ambientes de elevada salinidade? Explique.
- b)** Por que os cloretos são motivo de tanta preocupação quanto ao processo corrosivo? De que formas eles podem estar presentes no concreto e como isso ocorre?
- c)** Como o tipo de cimento pode influenciar na resistência à corrosão por ação de cloretos?

74º) Quanto ao processo corrosivo nas estruturas de concreto:

- a)** Explique o fenômeno da carbonatação do concreto e quais os prejuízos que ela pode trazer ao concreto armado.
- b)** Como podemos detectar a presença de íons cloretos numa estrutura, de forma qualitativa e quantitativa?

ABNT NBR 7480/2007

Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – especificação

DEFINIÇÕES:

Diâmetro nominal – valor que representa o diâmetro equivalente da seção transversal típica da barra, expresso em milímetros.

Massa linear nominal – valor que representa a massa por unidade de comprimento da barra de diâmetro nominal específico, expresso em Kg/m.

Área nominal – valor que representa a área da seção transversal da barra de diâmetro nominal específico, expresso em mm².

1. Classificação

De acordo com o valor característico da resistência de escoamento, as barras de aço são classificadas nas categorias CA-25, CA-50 e os fios de aço na categoria CA-60.

Diâmetro Nominal (DN) (mm)	Massa Nominal (kg/m)	Máxima variação permitida para Massa Nominal	CA-50				CA-25			
			Resistência Característica de Escoamento (fy) (MPA)	Limite de Resistência (fst) (MPA)	Alongamento mínimo em 10 \emptyset *	Diâmetro do pino para dobramento a 180° (mm)	Resistência Característica de Escoamento (fy) (MPA)	Limite de Resistência (fst) (MPA)	Alongamento mínimo em 10 \emptyset *	Diâmetro do pino para dobramento a 180° (mm)
6,3	0,245	± 7%	500	1,08 x fy	8%	3 x DN	250	1,20 x fy	18%	2 x DN
8,0	0,395	± 7%								
10,0	0,617	± 6%								
12,5	0,963	± 6%								
16,0	1,578	± 5%				6 x DN				4 x DN
20,0	2,466	± 5%								
25,0	3,853	± 4%								
32,0	6,313	± 4%								
40,0	9,865	± 4%								

Diâmetro Nominal (DN) (mm)	Massa Nominal (kg/m)	Máxima variação permitida para Massa Nominal	CA-60			
			Resistência Característica de Escoamento (fy) (MPA)	Limite de Resistência (fst) (MPA)	Alongamento mínimo em 10 \emptyset *	Diâmetro do pino para dobramento a 180° (mm)
3,4	0,071	± 6%	600	1,05 x fy	5%	5 x DN
4,2	0,109	± 6%				
5,0	0,154	± 6%				
6,0	0,222	± 6%				
7,0	0,302	± 6%				
8,0	0,395	± 6%				
9,5	0,558	± 6%				

* A NBR apresenta a expressão alongamento, mas, o termo correto é deformação (%)

2. Amostragem

A amostragem para realização de ensaios de verificação da aceitação de um lote de armaduras de aço para construção civil é composta por 3 (três) unidades, para amostras identificadas (rastreadas) ou por 6 (seis) unidades, para amostras não identificadas. Estas amostras devem ser extraídas das barras provenientes da fábrica, produzidas com 12 metros de comprimento.

3. Identificação

As barras nervuradas e fios nervurados devem ser identificados através de marcas de laminação em relevo, indicando de forma legível o nome e/ou a marca do produtor, a categoria do material e o respectivo diâmetro nominal.

Além destes itens, o aço CA-50 pode ser comercializado com soldável, com a identificação adicional “S” (CA-50-S). O aço CA-50 soldável consiste, basicamente, do resfriamento controlado da barra, utilizando água, durante a laminação, da superfície do material, enquanto no processo de fabricação do CA- 50 não soldável é aplicado o processo de resfriamento ao ar. O Carbono equivalente, característica que define a soldabilidade de um aço do CA-50 soldável é aproximadamente 2/3 do Carbono equivalente (%CE*) do CA-50 convencional.

A composição química típica de um aço soldável é formada por C (0,35%), Mn (1,50%), Si (0,50%), P (0,050%) e S (0,050%). Assim, apresentam Carbono Equivalente (CE) de cerca de 0,55%.

Toda a produção de aços é feita utilizando-se aços de baixo carbono, com plena garantia de atendimento do teor de Carbono equivalente máximo exigido por norma. A obtenção de alta resistência mecânica em um aço baixo carbono, como no caso do CA-60, é possível via deformação a frio: trefilação ou laminação a frio.

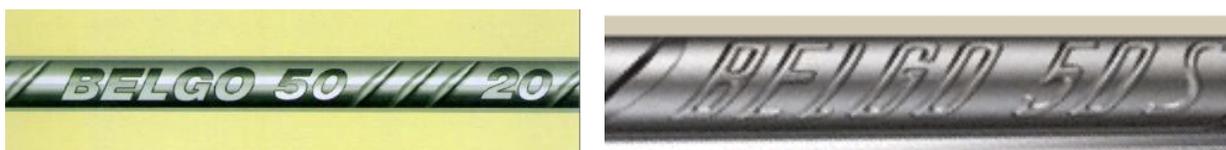


Figura 1 – Identificação das armaduras normal e soldável.

* %CE = %C + %Mn/6 + (%Cr + %V + %Mo)/5 + (%Cu + %Ni)/15

4. Defeitos

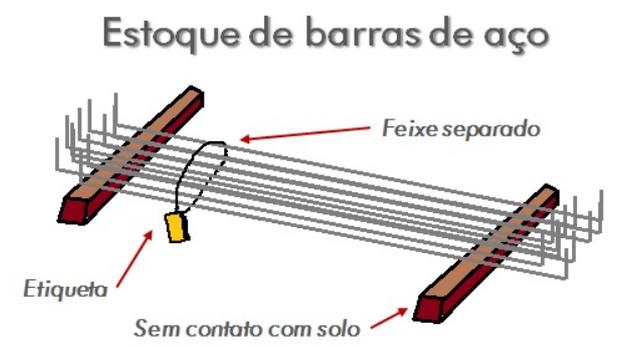
As barras e os fios de aço destinados a armaduras de concreto armado devem ser isentos de defeitos prejudiciais, tais como: esfoliação (escamas), corrosão, manchas de óleo, redução de seção e fissuras transversais. Uma oxidação do produto pode ser admitida quando for superficial, sem comprometimento de sua conformação geométrica. O acondicionamento adequado é fundamental para evitar a degradação das armaduras. Assim, deve-se evitar manter o aço exposto a intempéries (salitre, chuva, contato com solo, etc.) e adversidades ambientais (urbano, marinho, industrial e rural).

Em caso de dúvida quanto à gravidade dos defeitos observados, **o material deve ser submetido a ensaios para a comprovação de suas propriedades.**

Observações:	
Identificação	Defeitos

- Armazenamento correto de barras e fios de aço em obra

- Armazene sem contato direto com o solo, utilize caibros ou pontaletes;
- Caso precise estocar a céu aberto, pelo menos cubra o aço com lona plástica durante longos períodos de chuvas ou longos períodos de estocagem;
- Procure separar as barras por feixes e agrupadas por bitolas/diâmetro, ou até por elemento estrutural onde serão utilizadas, aumentando a produtividade do canteiro;
- Catalogue o material utilizando etiquetas em locais visíveis;
- Evite que o material tenha contato direto com o solo durante o manuseio, garantindo que não haja impregnação de sujeira na superfície e diminuindo a aderência com o concreto;
- Por último, e muito importante, armazene longe de instalações elétricas.



5. Emendas

O comprimento em que as armaduras de aço são tradicionalmente produzidas é de 12m.

Para efetuar emendas é possível:

- Emenda por Transpasse, com arame recozido ou solda;
- Emenda de topo por caldeamento ou eletrodo;

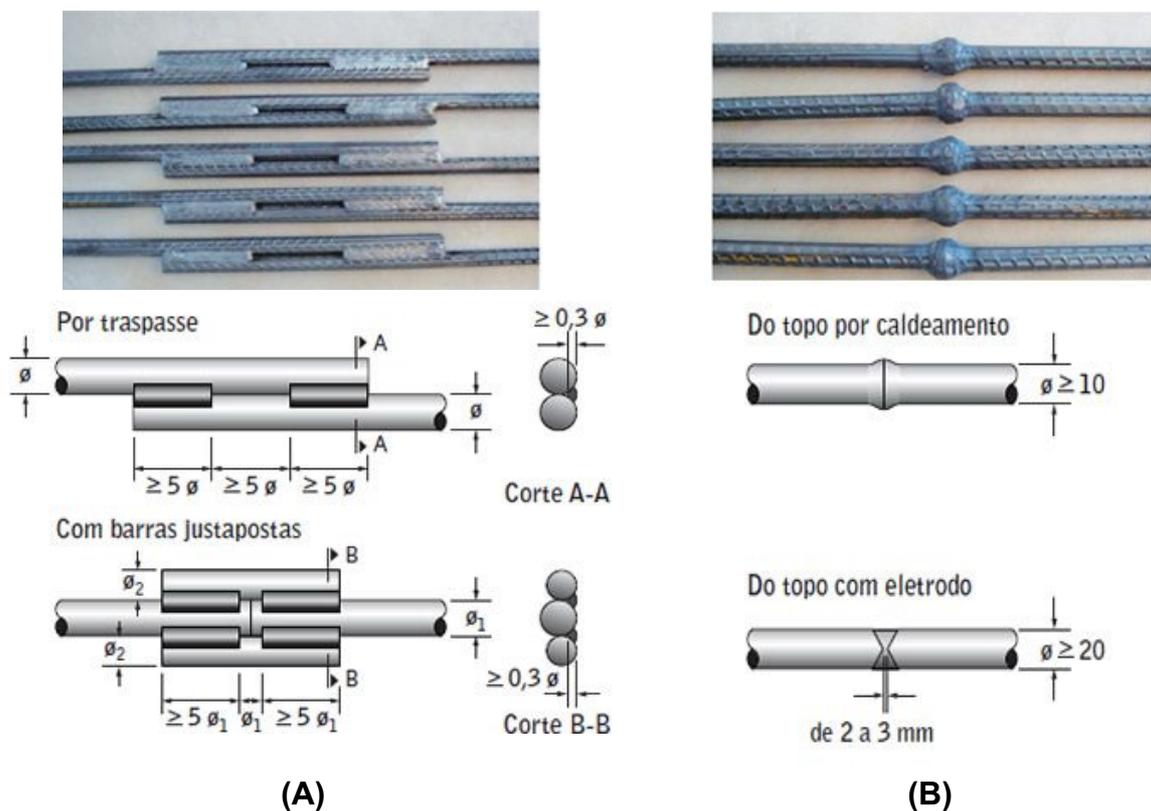
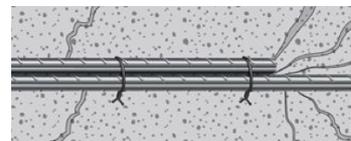


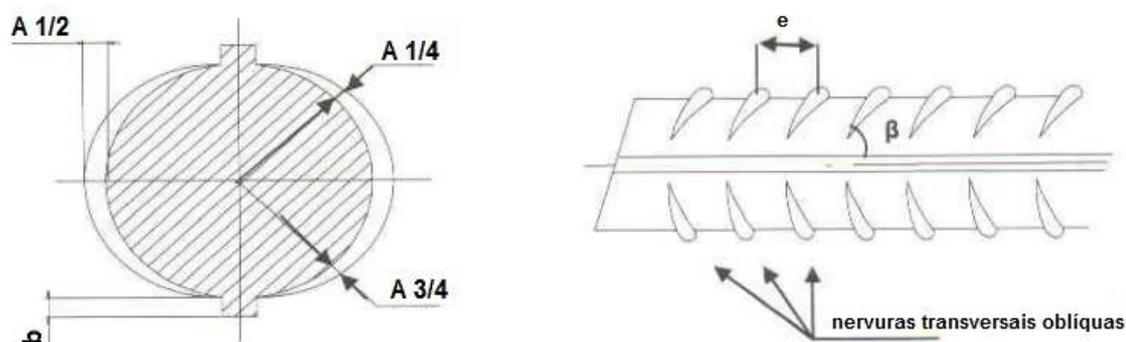
Figura 2 – Emenda de armaduras por solda por transpasse (A) e caldeamento (B).

- Emenda Mecânica (“solda” mecânica);



Figura 3 – Emenda de armaduras por “solda” mecânica.

6. Características geométricas



b = altura da nervura longitudinal.

$A_{1/2}$ = altura da nervura a $\frac{1}{2}$ do seu comprimento.

$A_{1/4}$ = altura da nervura a $\frac{1}{4}$ do seu comprimento.

$A_{3/4}$ = altura da nervura a $\frac{3}{4}$ do seu comprimento.

β = ângulo entre o eixo da nervura oblíqua e o eixo da barra.

e = espaçamento entre nervuras.

Figura 4 – Características Geométricas armaduras de aço.

As barras e fios de aço destinados a armadura para concreto armado devem apresentar homogeneidade quanto às suas características geométricas. As barras nervuradas tipo CA-50 devem atender a alguns requisitos:

- Os eixos das nervuras transversais oblíquas devem formar, com a direção do eixo da barra, um ângulo β entre 45° e 75° .
- As barras devem ter pelo menos duas nervuras longitudinais, contínuas e diametralmente opostas, que impeçam o giro da barra dentro do concreto.
- Para $DN \geq 10$ mm, a altura média das nervuras transversais oblíquas deve ser igual ou superior a 4 % do DN. Para $DN < 10$ mm, essa altura deve ser igual ou superior a 2 % do DN.
- O espaçamento médio entre as nervuras transversais oblíquas deve estar entre 50 e 80% do DN.
- O espaçamento médio entre as nervuras transversais oblíquas das barras do tipo CA-50, deve ser determinado dividindo-se o comprimento ocupado por 10 espaços contínuos do corpo-de-prova por 10. Na determinação do espaçamento médio devem ser tomadas medidas de crista a crista da primeira à 11ª nervura.
 - A altura média das nervuras transversais oblíquas deve ser determinada escolhendo-se 10 nervuras não sucessivas de cada lado do corpo-de-prova. Em cada nervura devem ser executadas três medidas, sendo uma no meio da nervura e as outras duas a um quarto e três quartos do comprimento da nervura.

7. Ensaio de tração

O ensaio de tração deve ser realizado de acordo com as normas ABNT NBR ISO 6892 e ISO 15630-1. O comprimento inicial é igual a 10 diâmetros nominais, não sendo permitido o uso de corpo de prova usinado.

O ensaio deve ser realizado à temperatura ambiente, entre 10°C e 35°C, salvo se especificado fora desses limites. Ensaios sob condições controladas podem ser executados à temperatura de 23°C ± 5°C.

A menos que seja especificada na norma do produto, a velocidade do ensaio deve estar em conformidade com as condições apresentadas na Tabela 1, dependendo da natureza do material.

Tabela 1 – Velocidade de tensionamento

Módulo de Elasticidade (E) esperado do Material (GPa)	Velocidade de Tensionamento (N/mm ² .s)	
	Mín.	Máx.
E < 150 GPa	2	10
E ≥ 150 GPa	6	30

Alongamento percentual após ruptura - alongamento permanente do comprimento de medida original após a ruptura, expresso como uma porcentagem do comprimento de medida original. Segue abaixo um quadro resumo contendo informações e relações matemáticas importantes aos ensaios e determinações que serão feitas a seguir.

$$\rho_{Aço} = 7,85 \frac{kg}{dm^3}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \quad V = s \cdot h \quad s = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$\varepsilon (\%) = \frac{L_f - L_0}{L_0} \times 100 \quad R = \frac{F}{s} \left[MPa = \frac{N}{mm^2} \right]$$

Onde: “ $\rho_{Aço}$ ” é a densidade do aço; “ ρ ” é a massa específica; “ m ” é massa em [Kg]; “ V ” é volume em [dm³]; “ s ” é a área da seção transversal da barra de aço; “ h ” é a altura da barra em ensaio; “ d ” é o diâmetro da seção transversal da barra; “ ε ” é a deformação; “ L_f ” é o comprimento final da barra; “ L_0 ” é o comprimento inicial da barra; “ R ” é a resistência mecânica; “ F ” é a força aplicada.

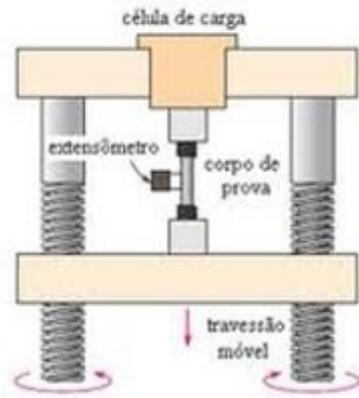


Figura 5 - Aparelhagem do ensaio de tração

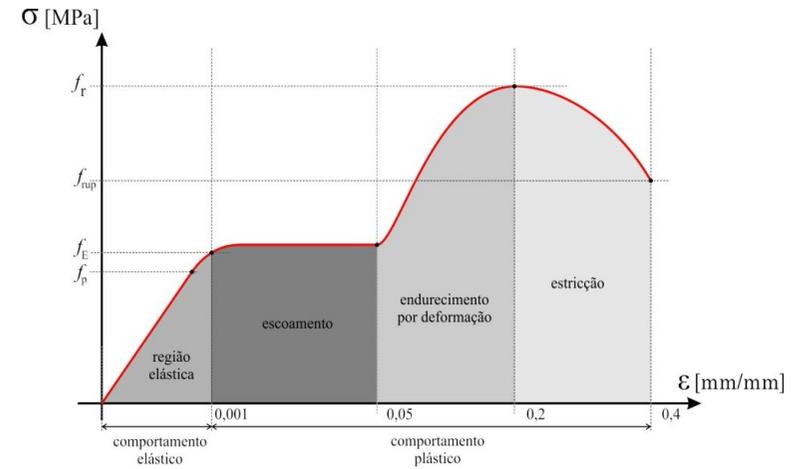


Figura 6 - Diagrama tensão x deformação típico.

Materiais metálicos – Ensaio de tração à temperatura ambiente / NBR ISO 6892

CP	Categoria de classe	Diâmetro nominal (mm)	Configurações geométricas - nervuras				Massa (g)	Comprimento (mm)	Massa linear (kg/m)	Seção efetiva (mm ²)	Diâmetro real (mm)
			Altura (mm)			Espaçamento (mm)					
			1/4	1/2	3/4						
Média		---				---	---				
Limite NBR 6892		---				---	---			---	
CP	Categoria de classe	Seção efetiva (mm ²)	Carga e Tensão de Escoamento (f_y)		Carga e Tensão Limite de Resistência à Tração, LRT (f_{st})		Carga e Tensão de Ruptura (f_{rup})		Deformação em 10 diâmetros nominais, após ruptura ($\Delta L/L_0$)		
			N	MPa	N	MPa	N	MPa	L_0 (mm)	L_f (mm)	%
Média		---							---	---	
Limite NBR 6892		---						---	---	---	

8. Ensaio de dobramento

Este ensaio deve ser realizado de acordo com a ABNT NBR 7438, com a ressalva de que os apoios para a realização deste ensaio devem permitir o livre movimento dos corpos-de-prova.

Dobramento do aço

Categoria do aço	Uso no laboratório (NBR 7480/07)		Uso na obra (NBR 6118/03)	
	Diâmetro do pino		Diâmetro do pino	
	Bitola < 20 mm	Bitola ≥ 20 mm	Bitola < 20 mm	Bitola ≥ 20 mm
CA 50	3 x \emptyset	6 x \emptyset	5 x \emptyset	8 x \emptyset

Obs.: 1) \emptyset = bitola.

2) Para estribos de bitolas ≤ 10 mm, tanto para CA 25 como para CA 50 ou CA 60, o diâmetro do pino para uso na obra poderá ser de 3 x \emptyset .

3) Normas ABNT NBR 7480:2007 (Tab. B 2) e ABNT NBR 6118:2003 (Tab. 9.1 e Tab. 9.2).

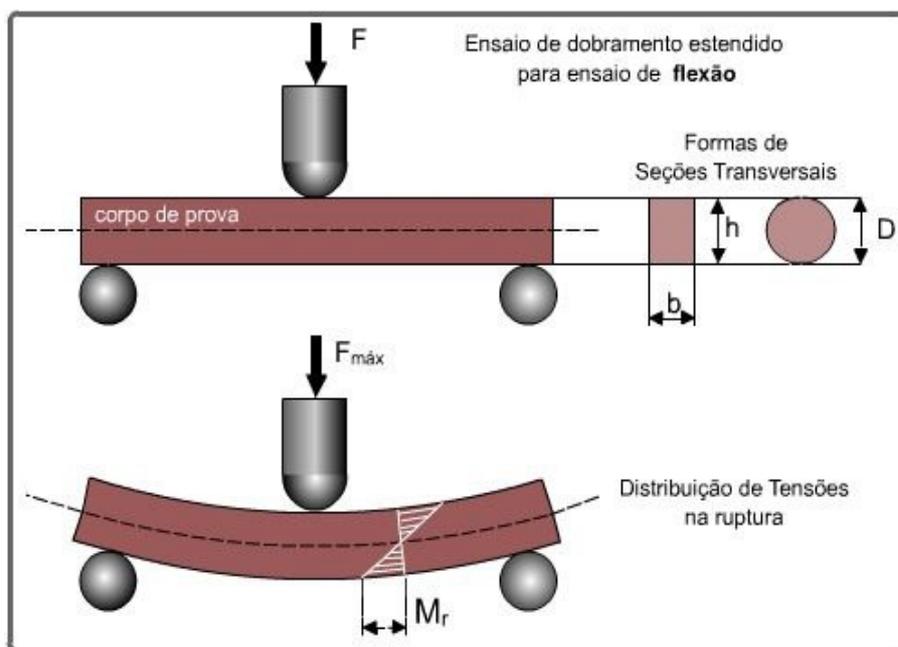
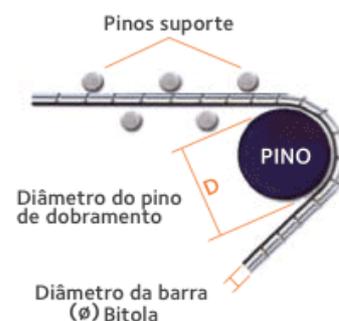


Figura 7 - Ensaio de dobramento

Materiais metálicos – Ensaio de dobramento semiguiado/NBR 6153

CP	Categoria de Classe	Diâmetro Nominal da Barra (mm)	Diâmetro do pino (mm)	Ângulo de dobra (graus)	Observações

OUTROS ENSAIOS MECÂNICOS

9. Ensaio de Tenacidade (Impacto)

O ensaio dinâmico de fratura por impacto é um dos mais utilizados para o estudo da fratura frágil (ou dúctil) dos materiais, principalmente para teste de aceitação de materiais usados em baixa temperatura, de acordo com a norma ISO 148-1.

As amostras são padronizadas e possuem um entalhe que produz um estado triaxial de tensões quando submetido a uma flexão por impacto produzida por um martelo pendular, que não se distribuem de modo uniforme por todo o corpo de prova, não fornecendo, assim, um valor quantitativo da tenacidade de um material. A energia absorvida é reportada por unidade de espessura (J/m) ou de área (J/m²).

Existem dois tipos padronizados de ensaios de impacto: Izod e Charpy que se diferenciam, apenas pela forma de colocação na amostra que será submetida ao ensaio.

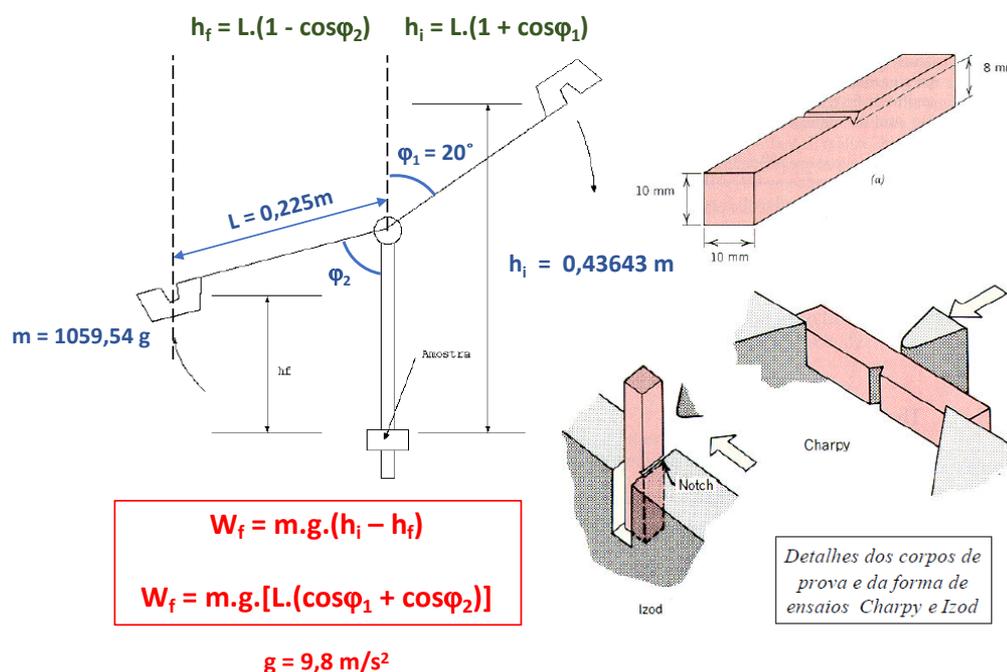


Figura 8 – Configurações de Ensaios de Resistência ao choque mais utilizados

Ensaio de Tenacidade (Impacto)

CP	Material	Massa do pêndulo (kg)	Altura Inicial, h_i (m)	Ângulo ϕ_2	Altura Final, h_f (m)	Energia (J)	Espessura (m)	Energia absorvida (J/m)
		1,05954	0,43643					
		1,05954	0,43643					

10. Ensaio de Dureza

O ensaio de dureza é muito aplicado para comparar materiais ou mesmo para especificar um material. É possível, por meio de tabelas, obter uma correlação aproximada entre os métodos de determinação de dureza Brinell, Rockwell e Vickers e os valores de limite de resistência à tração.

Dureza não é uma propriedade absoluta. Só tem sentido falar em dureza quando se comparam materiais, isto é, só existe um material duro se houver outro mole.

O ensaio consiste na aplicação de uma carga conhecida através de um penetrador de geometria conhecida e na medição da área da impressão produzida na superfície do corpo de prova. É um ensaio de grande importância tecnológica (controle de qualidade), por ser simples, rápido e barato.

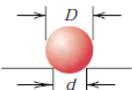
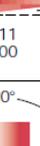
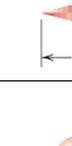
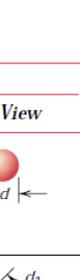
Test	Indenter	Shape of Indentation		Load	Formula for Hardness Number ^a
		Side View	Top View		
Brinell	10-mm sphere of steel or tungsten carbide			P	$HB = \frac{2P}{\pi D[D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$
Vickers microhardness	Diamond pyramid			P	$HV = 1.854P/l^2$
Knoop microhardness	Diamond pyramid			P	$HK = 14.2P/l^2$
Rockwell and Superficial Rockwell	<ul style="list-style-type: none"> ⎧ Diamond cone ⎧ 1/16, 1/8, 1/4, 1/2 in. diameter steel spheres 			<ul style="list-style-type: none"> 60 kg } Rockwell 100 kg } 150 kg } 15 kg } Superficial Rockwell 30 kg } 45 kg } 	

Figura 9 – Principais Escalas de Dureza.

Ensaio de Dureza

CP	Material	Escala de Ensaio	Carga, P (kgf)	Diâmetro da esfera, D (mm)	Diâmetro da indentação, d (mm)	Número de Dureza
		Brinell		5		
		Brinell		5		

UNIDADE III



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
DCTM – DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS DE MATERIAIS

LISTA DE EXERCÍCIOS 3

1º) Quais os tipos de defeitos pontuais encontrados em materiais cerâmicos. Explique cada um deles.

2º) Quanto às propriedades cerâmicas, marque a alternativa correta.

Conforme a porosidade dos tijolos de cerâmica refratária aumenta,

- A. a resistência diminui, a resistência química diminui e o isolamento térmico aumenta.
- B. a resistência aumenta, a resistência química aumenta e o isolamento térmico diminui.
- C. a resistência diminui, a resistência química aumenta e o isolamento térmico diminui.
- D. a resistência aumenta, a resistência química aumenta e o isolamento térmico aumenta.

Qual dentre as seguintes combinações de propriedades é necessária para as cerâmicas abrasivas?

- A. Alta temperatura de fusão, alta dureza e alta ductilidade
- B. Alta tenacidade à fratura, alta temperatura de fusão e alta dureza
- C. Alta tenacidade à fratura, alta dureza e baixo coeficiente de expansão térmica
- D. Alta temperatura de fusão, alta ductilidade e baixo coeficiente de expansão térmica

Conforme o grau de vitrificação de produtos à base de argila aumenta, qual(is) do(s) seguinte(s) parâmetro(s) também aumenta(m)?

- A. Porosidade
- B. Resistência
- C. Densidade
- D. Intensidade da contração
- E. Todos acima
- F. A, B e C
- G. B, C e D
- H. A, C e D

Na prensagem de pós de peças cerâmicas, o grau de compactação é maximizado quando é usada uma mistura de partículas grandes e pequenas.

- A. Falso
- B. Verdadeiro

3º) Suponha que o Li_2O seja adicionado ao CaO como uma impureza. Se os íons Li^+ substituem os íons Ca^{2+} , seria esperada a formação de qual tipo de lacuna? Quantas dessas lacunas são criadas para cada íon Li^+ adicionado e como se mantém a eletroneutralidade?

4º) Quanto aos defeitos em materiais cerâmicos:

a) Suponha que o CaO seja adicionado ao Li₂O como uma impureza. Se os íons Ca²⁺ substituem os íons Li⁺, seria esperada a formação de quais tipos de lacunas? Quantas dessas lacunas são criadas para cada íon Ca²⁺ adicionado?

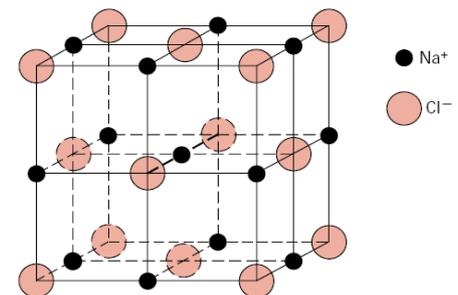
Resp.: Uma lacuna catiônica para cada Ca²⁺

b) Calcule a massa específica teórica do NiO, sabendo que ele possui a estrutura cristalina do NaCl. Dados: A_{Ni} = 58,69 g/mol e A_O = 16,0 g/mol.

Resp.: 6,8 g/cm³

c) Qual dos óxidos FeO, BaO, PbO e CaO você espera que formem soluções sólidas substitucionais com solubilidade completa com o MgO? Justifique. Resp.: Apenas o FeO (mesma valência, mesma estrutura e raios de cátions diferem menos de 15%)

Cation	Ionic Radius (nm)	Anion	Ionic Radius (nm)
Al ³⁺	0.053	Br ⁻	0.196
Ba ²⁺	0.136	Cl ⁻	0.181
Ca ²⁺	0.100	F ⁻	0.133
Cs ⁺	0.170	I ⁻	0.220
Fe ²⁺	0.077	O ²⁻	0.140
Fe ³⁺	0.069	S ²⁻	0.184
K ⁺	0.138		
Mg ²⁺	0.072		
Mn ²⁺	0.067		
Pb ²⁺	0.119		
Ni ²⁺	0.069		
Si ⁴⁺	0.040		
Ti ⁴⁺	0.061		



5º) Quanto aos defeitos em materiais cerâmicos:

a) Quais defeitos pontuais são possíveis para o Al₂O₃ como uma impureza no MgO? Quantos íons Al³⁺ devem ser adicionados para formar cada um desses defeitos? Resp.: Uma lacuna catiônica (Mg²⁺) para cada 2 Al₂O₃ substituindo o MgO

b) O FeO possui a estrutura cristalina do NaCl e massa específica de 5,7 g/cm³. Determine o comprimento da aresta da célula unitária.

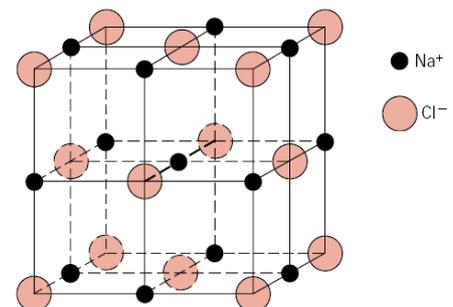
Dados: A_{Fe} = 55,85 g/mol e A_O = 16,0 g/mol / Resp.: 0,437 nm

Cation	Ionic Radius (nm)	Anion	Ionic Radius (nm)
Al ³⁺	0.053	Br ⁻	0.196
Ba ²⁺	0.136	Cl ⁻	0.181
Ca ²⁺	0.100	F ⁻	0.133
Cs ⁺	0.170	I ⁻	0.220
Fe ²⁺	0.077	O ²⁻	0.140
Fe ³⁺	0.069	S ²⁻	0.184
K ⁺	0.138		
Mg ²⁺	0.072		
Mn ²⁺	0.067		
Na ⁺	0.102		
Ni ²⁺	0.069		
Si ⁴⁺	0.040		
Ti ⁴⁺	0.061		

6º) Quanto aos defeitos em materiais cerâmicos:

a) Suponha que o CaO seja adicionado ao CaCl₂ como uma impureza. Se os íons O²⁻ substituem os íons Cl⁻, seria esperada a formação de quais tipos de lacunas? Quantas dessas lacunas são criadas para cada íon O²⁻ adicionado? Resp.: Uma lacuna aniônica para cada O²⁻

b) Calcule o fator de empacotamento atômico para a estrutura cristalina do NaCl, para o qual a relação r_a/r_c é igual a 0,414. Resp.: 0,793



7º) Quanto aos defeitos em materiais cerâmicos:

a) Uma forma cristalina do SiO_2 apresenta uma célula unitária cúbica e comprimento de aresta igual 0,700 nm. Se a massa específica medida é de $2,32 \text{ g/cm}^3$, quantos íons Si^{4+} e O^{2-} existem em cada célula unitária? Dados: $A_{\text{Si}} = 28,09 \text{ g/mol}$ e $A_{\text{O}} = 16,0 \text{ g/mol}$

Resp.: 8 Si^{4+} e 16 O^{2-}

b) Quais regras devem ser obedecidas para que se formem soluções sólidas substitucionais com solubilidade completa em materiais cerâmicos? São as mesmas regras necessárias para as ligas metálicas? Justifique.

8º) Quanto aos defeitos em materiais cerâmicos:

a) Suponha que o CaCl_2 seja adicionado ao CaO como uma impureza. Se os íons Cl^- substituem os íons O^{2-} , você esperaria a formação de quais tipos de lacunas? Quantas dessas lacunas são criadas para cada íon Cl^- adicionado?

b) A deformação plástica por movimentação de discordâncias é fundamental nos metais, porém, não é muito importante para as propriedades de cerâmicas e vidros. Justifique.

c) Você esperaria a existência de defeitos Frenkel para ânions em uma grande concentração? Justifique.

9º) Se o óxido cúprico (CuO) encontra-se exposto a atmosferas redutoras, e a temperaturas elevadas, alguns dos íons Cu^{2+} irão se tornar Cu^+ .

a) Sob essas circunstâncias, cite um defeito cristalino que você esperaria que se formasse para manter a neutralidade das cargas.

b) Quantos íons Cu^+ são necessários para a criação de cada defeito? Explique.

10º) Defina as células unitárias para a estrutura cristalina do sal-gema (NaCl) e para o cloreto de Césio (CsCl), indicando seus respectivos números de coordenação.

Sugestão: desenhe as células unitárias. Resp.: $NC_{\text{NaCl}} = 6$ / $NC_{\text{CsCl}} = 8$.

11º) Calcule a massa específica teórica do CsCl . A massa específica medida é igual a $3,99 \text{ g/cm}^3$. Como você explica a ligeira discrepância entre o valor calculado e o medido?

Dados: $R_{\text{Cs}^+} = 0,170 \text{ nm}$ e $R_{\text{Cl}^-} = 0,181 \text{ nm}$ / $A_{\text{Cl}} = 35,45 \text{ g/mol}$ e $A_{\text{Cs}} = 132,91 \text{ g/mol}$

Resp.: $\rho = 4,21 \text{ g/cm}^3$ - vacâncias, impurezas mais leves.

12º) Quanto à estrutura cristalina das cerâmicas:

a) Demonstre que a razão mínima entre os raios do cátion e do ânion para um número de coordenação 8 é de 0,732.

Cation	Ionic Radius (nm)	Anion	Ionic Radius (nm)
Al ³⁺	0.053	Br ⁻	0.196
Ba ²⁺	0.136	Cl ⁻	0.181
Ca ²⁺	0.100	F ⁻	0.133
Cs ⁺	0.170	I ⁻	0.220
Fe ²⁺	0.077	O ²⁻	0.140
Fe ³⁺	0.069	S ²⁻	0.184
K ⁺	0.138		
Mg ²⁺	0.072		
Mn ²⁺	0.067		
Na ⁺	0.102		
Ni ²⁺	0.069		
Si ⁴⁺	0.040		
Ti ⁴⁺	0.061		

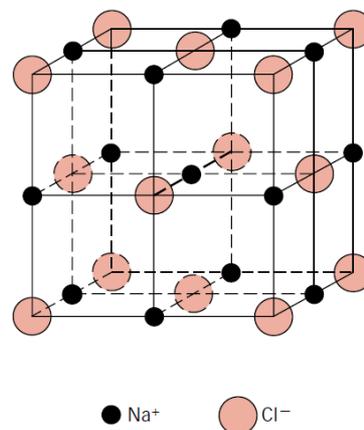
b) Quais dos cátions listados na Tabela ao lado você estima que formem iodetos com estruturas cristalinas do cloreto de cézio? Justifique as suas opções.

13º) Quanto à estrutura cristalina das cerâmicas:

a) Demonstre que a razão mínima entre os raios do cátion e do ânion para um número de coordenação 6 é de 0,414.

b) Calcule o fator de compactação atômica para a estrutura cristalina do cloreto de cézio com relação r_c/r_a igual a 0,732.

Resp.: 0,728



14º) Quanto à estrutura cristalina das cerâmicas:

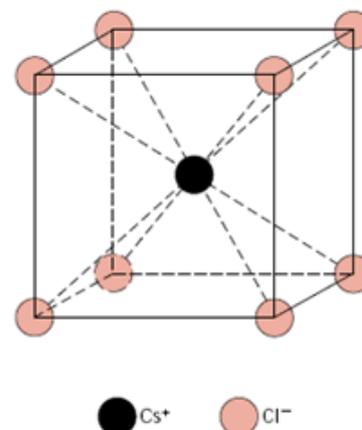
a) O sulfeto de cádmio (CdS) possui uma célula unitária do tipo cúbica e, a partir de dados de difração de raios X sabe que o comprimento da aresta da célula é 0,582 nm. Se a densidade medida é de 4,82 g/cm³, quantos íons Cd²⁺ e S²⁻ estão presentes em cada célula unitária?

Dados: $A_{Cd} = 112,4$ g/mol; $A_S = 32,06$ g/mol. Resp.: 4 de cada

b) Calcule o fator de compactação atômica para o CsCl.

Dados: $r_{Cs^+} = 0,170$ nm; $r_{Cl^-} = 0,181$ nm

$A_{Cs} = 132,91$ g/mol; $A_{Cl} = 35,45$ g/mol. Resp.: 0,684



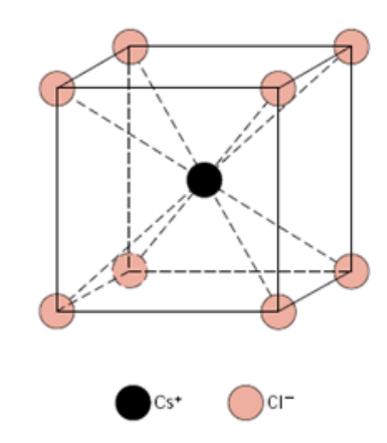
15º) Quanto à estrutura cristalina das cerâmicas:

a) Calcule a densidade do CsCl. Resp.: 4,2 g/cm³

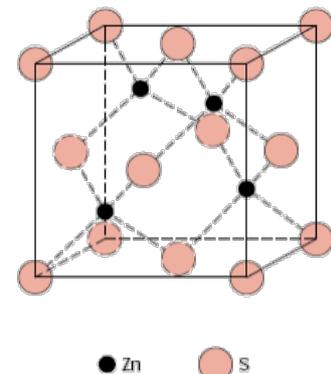
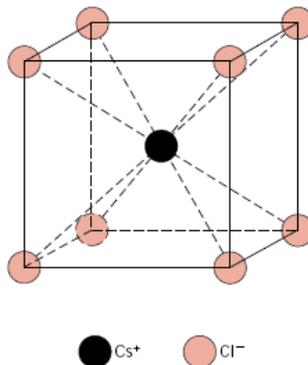
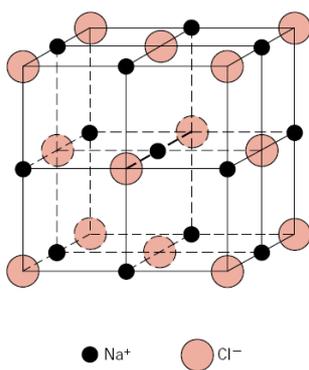
Dados: $r_{\text{Cs}^+} = 0,170 \text{ nm}$; $r_{\text{Cl}^-} = 0,181 \text{ nm}$

$A_{\text{Cs}} = 132,91 \text{ g/mol}$; $A_{\text{Cl}} = 35,45 \text{ g/mol}$

b) Sendo os raios iônicos do K^+ e do O^{2-} iguais a 0,138nm e 0,140nm, respectivamente, qual seria o número de coordenação do K_2O ? Resp.: 8



16º) Sabe-se que um dado material cerâmico AB possui uma densidade de 2,65 g/cm³, além de uma célula unitária com simetria cúbica e com comprimento de aresta de 0,43 nm. Com base nas informações abaixo, qual(is) das seguintes estruturas cristalinas é (são) possível(is) para este material: salgema (NaCl), cloreto de célio (CsCl) ou blenda de zinco (ZnS)? Dados: $A_A = 86,6 \text{ g/mol}$; $A_B = 40,3 \text{ g/mol}$. Resp.: CsCl



17º) Com base nas cargas iônicas e nos raios iônicos, determine o número de coordenação e, se possível, estime as estruturas cristalinas para os seguintes materiais: CsI, NiO, KI, NiS, BaI₂, CaCl₂, Fe₂O₃, CsBr. Justifique as suas escolhas.

Structure Name	Structure Type	Anion Packing	Coordination Numbers		Cation	Ionic Radius (nm)	Anion	Ionic Radius (nm)
			Cation	Anion				
Rock salt (sodium chloride)	AX	FCC	6	6	Al ³⁺	0.053	Br ⁻	0.196
Cesium chloride	AX	Simple cubic	8	8	Ba ²⁺	0.136	Cl ⁻	0.181
Zinc blende (sphalerite)	AX	FCC	4	4	Ca ²⁺	0.100	F ⁻	0.133
Fluorite	AX ₂	Simple cubic	8	4	Cs ⁺	0.170	I ⁻	0.220
Perovskite	ABX ₃	FCC	12(A)	6	Fe ²⁺	0.077	O ²⁻	0.140
Spinel	AB ₂ X ₄	FCC	4(A)	4	Fe ³⁺	0.069	S ²⁻	0.184
			6(B)		K ⁺	0.138		
					Mg ²⁺	0.072		
					Mn ²⁺	0.067		
					Na ⁺	0.102		
					Ni ²⁺	0.069		
					Sr ⁴⁺	0.040		
					Ti ⁴⁺	0.061		

18º) Demonstre que o MgO tem a mesma estrutura cristalina do cloreto de sódio e calcule a sua densidade.

Dados: $r_{Mg^{2+}} = 0,072 \text{ nm}$; $r_{Na^+} = 0,102 \text{ nm}$; $r_{Cl^-} = 0,181 \text{ nm}$ e $r_{O^{2-}} = 0,140 \text{ nm}$;

$A_{Mg} = 24,31 \text{ g/mol}$; $A_O = 16 \text{ g/mol}$.

Resp.: $NC = 6 / \rho = 3,52 \text{ g/cm}^3$

19º) Por que os materiais cerâmicos são frágeis? Como se explica o fato de, apesar de frágeis e pouco resistentes à flexão e tração, os materiais cerâmicos apresentarem alta resistência à compressão?

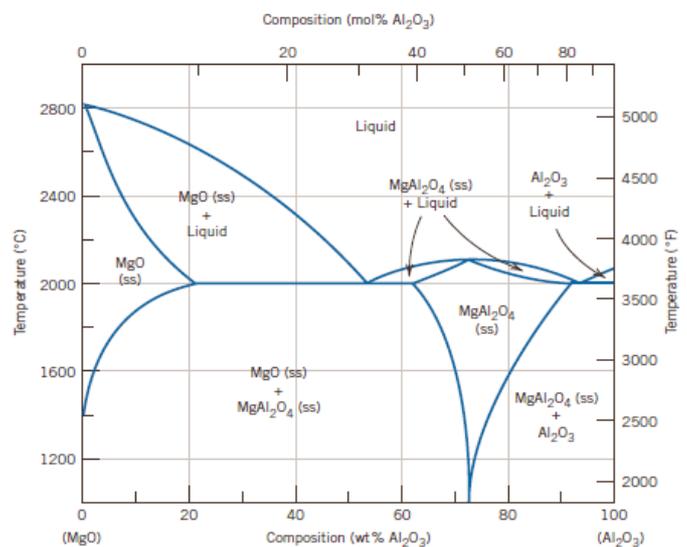
20º) Quanto ao diagrama MgO-Al₂O₃:

a) Qual a composição mais eficiente para se produzir espinélio (MgAl₂O₄) de boa qualidade? Justifique.

Resp.: 72% Al₂O₃

b) Para uma mistura contendo 80% de MgO a 1800°C, determine quais as fases presentes, suas composições e concentrações. Resp.: 78,7% MgO

c) Identifique os pontos triplos neste diagrama.



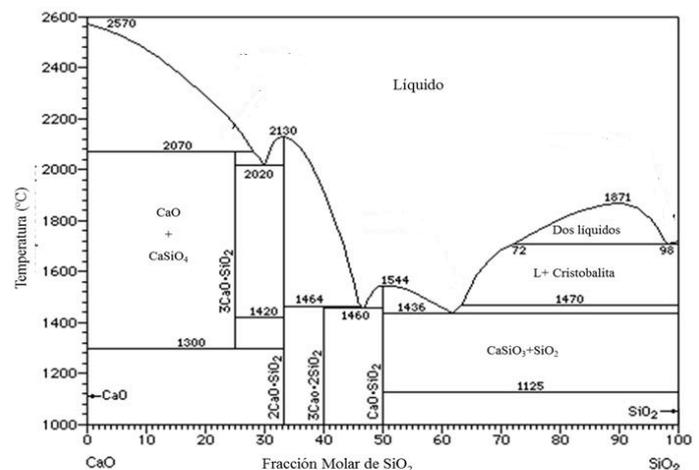
21º) Quanto ao diagrama CaO-SiO₂:

a) Qual a composição mais eficiente para se produzir cristobalita? Justifique.

Resp.: 64% SiO₂

b) Para uma mistura contendo 30% de CaO a 1300°C, determine quais as fases presentes, suas composições e concentrações. Resp.: 60% CaSiO₃/40% SiO₂

c) Identifique os pontos triplos neste diagrama.

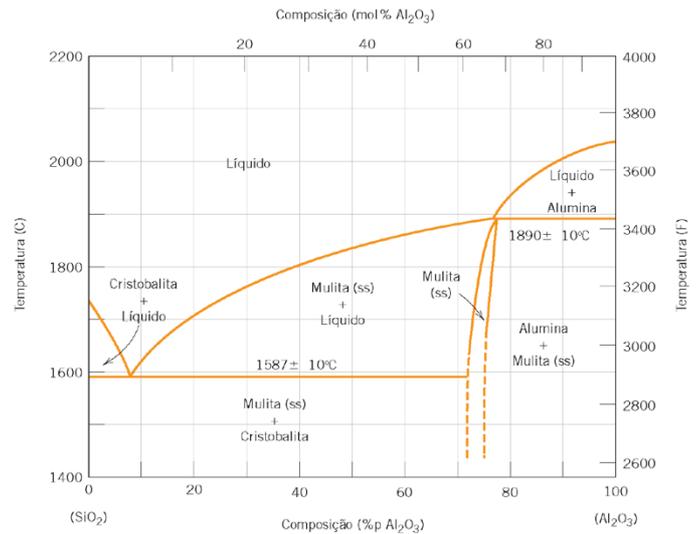


22º) Quanto ao diagrama $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$:

a) Quais as temperaturas de fusão da alumina e da sílica? Resp.: 1730°C e 2040°C

b) Para uma mistura contendo 80% de SiO_2 a 1650°C , determine quais as fases presentes, suas composições e concentrações. Resp.: 87,4% L (12,5% Al_2O_3) / 12,6% mulita (72% Al_2O_3)

c) Identifique os pontos triplos neste diagrama.

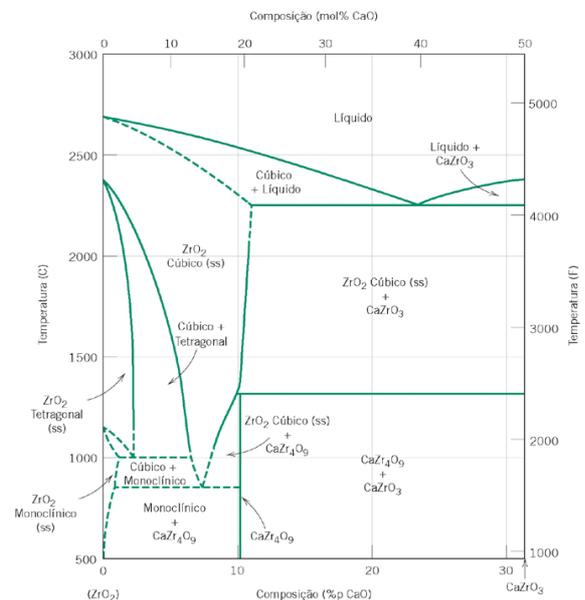


23º) Quanto ao diagrama CaO-ZrO_2 :

a) Qual a composição mais eficiente para se produzir uma combinação de ZrO_2 cúbico e CaZrO_3 ? Justifique. Resp.: cerca de 23% CaO

b) Para uma mistura contendo 5% de CaO a 900°C , determine quais as fases presentes, suas composições e concentrações. Resp.: 33,3% Monoclínico (1% CaO) / 66,7% cúbico (7% CaO)

c) Identifique os pontos triplos neste diagrama.



24º) Quanto aos materiais cerâmicos:

a) Para um composto cerâmico, quais são as duas características dos íons componentes que determinam a estrutura cristalina?

b) O que é porosidade aberta? Cite 3 (três) parâmetros que a influenciam.

c) Quais as principais diferenças entre cerâmicas tradicionais e as técnicas?

25º) Quanto aos materiais cerâmicos:

a) Explique detalhadamente como o aumento da porosidade influencia na resistência dos materiais cerâmicos.

b) Como os materiais (cerâmicas, metais e polímeros) podem ser classificados, de forma geral, quanto à condutividade térmica? Explique em função dos mecanismos principais de condução nestes materiais.

26º) Quanto aos materiais cerâmicos:

- a) Por que materiais cerâmicos são duros e frágeis? Por que, apesar de serem frágeis, eles têm alta resistência à compressão?
- b) Qual(is) o(s) principal(is) mecanismo(s) de condutividade elétrica de um material? Explique por que os materiais cerâmicos são tradicionalmente isolantes elétricos.
- c) A absorção de água nos dá um indicativo da porosidade total de uma cerâmica? Explique.

27º) Quanto aos materiais cerâmicos:

- a) Qual a importância dos defeitos lineares para os materiais cerâmicos? Defina os defeitos de Schottky e Frankel.
- b) Cite 3 (três) consequências do aumento da vitrificação em materiais cerâmicos.
- c) Explique por que, em geral, os materiais cerâmicos são mais duros, porém mais frágeis que os metais.

28º) Quanto aos materiais cerâmicos:

- a) Explique a Teoria de Griffith. Como a porosidade influencia nas propriedades mecânicas das cerâmicas?
- b) Defina o que é um cimento CP II-E-40.

29º) Uma amostra cilíndrica de MgO é carregada usando-se o modo de flexão em três pontos. Calcule o mínimo raio possível para a amostra sem que haja a ocorrência de uma fratura, sabendo-se que a carga aplicada é de 425 N, a resistência à flexão é de 105 MPa e a separação entre os pontos de carregamento é de 50 mm. Resp.: 4mm

$$\sigma_{fs} = \frac{F_f L}{\pi R^3}$$

30º) Um ensaio de flexão em três pontos é realizado com uma v uma seção reta retangular com altura de 50cm e largura de 20cm. pontos de apoio é de 3 metros. Calcule a resistência à flexão (em fratura é de 2,9KN).

$$\sigma_{fs} = \frac{3F_f L}{2bd^2}$$

31º) Um ensaio de flexão em três pontos é realizado em uma amostra de óxido de alumínio com seção transversal circular de 5,0 mm de raio. O corpo de prova fraturou sob uma carga de 3 KN, quando a distância entre os pontos de apoio é de 40mm.

$$\sigma_{fs} = \frac{F_f L}{\pi R^3}$$

Outro ensaio deve ser realizado em uma amostra desse mesmo material, porém, com seção transversal quadrada de 15mm de aresta. Sob qual carga seria esperada a fratura dessa amostra, se a separação entre os pontos for mantida em 40mm?

$$\sigma_{fs} = \frac{3F_f L}{2bd^2}$$

Resp.: 17,2 KN

32º) Uma amostra circular de MgO é carregada usando um ensaio de flexão a três pontos. Calcule o raio mínimo possível para a amostra para que não ocorra uma fratura, dado que a carga aplicada é de 5560N, a resistência à flexão é de 105 MPa e a separação entre os pontos de aplicação da carga é de 45 mm. Resp.: 9,1 mm

33º) Um ensaio de flexão em 3 pontos foi executado com uma amostra cilíndrica de óxido de alumínio, que possui uma resistência à flexão de 390 MPa. Se o raio da amostra é 2,5mm e a distância entre os pontos de suporte era de 30mm, estime se a amostra irá ou não fraturar quando uma carga de 620 N for aplicada. Justifique sua resposta. Resp.: Não irá fraturar ($\sigma = 379 \text{ MPa} < 390 \text{ MPa}$)

34º) Um ensaio de flexão em três pontos é realizado em uma amostra de vidro com 10cm de comprimento, que possui uma seção transversal retangular com altura de 5mm e largura de 10mm, sendo a distância entre os pontos de apoio é de 45mm. Calcule a resistência à flexão se a carga de fratura é de 290N. Resp.: 78,3 MPa

35º) Um ensaio de flexão em três pontos Um ensaio de flexão em 3 pontos foi executado com uma amostra de espinélio (MgAl_2O_4), que possui uma seção transversal retangular com altura de 3,8mm, largura de 9mm e comprimento de 30mm. Considerando que a distância entre os apoios é de 25mm, calcule a resistência à flexão se a carga na fratura é de 350N. Resp.: 101 MPa

36º) Quanto às propriedades mecânicas das cerâmicas:

a) Quais parâmetros influenciam na porosidade aberta de cerâmicas não sinterizadas? Adicionalmente, quais influenciam na porosidade de cerâmicas sinterizadas?

b) Um ensaio de flexão em três pontos é realizado em uma amostra de óxido de alumínio com seção transversal circular de 5,0 mm de raio. O corpo de prova fraturou sob uma carga de 3 KN, quando a distância entre os pontos de apoio é de 40mm.

Outro ensaio deve ser realizado em uma amostra desse mesmo material, porém, com seção transversal quadrada de 15mm de aresta. Sob qual carga seria esperada a fratura dessa amostra, se a separação entre os pontos for mantida em 40mm?

Resp.: 306 MPa / 17,2 KN

37º) Quais as matérias primas básicas que compõem o cimento? O que significa cimento CP II-F 25?

38º) Quais as camadas básicas de uma cerâmica de revestimento e quais as características e/ou funções de cada camada? O que significa cimento CP IV 32?

39º) Explique, de forma resumida, o processo de produção do cimento Portland. O que significa cimento CP II-Z 32 RS? E CP II-F 40? E CP V-ARI RS?

40º) Quanto aos vidros:

a) Explique as 3 (três) propriedades observadas ao longo do processo de resfriamento, típicas de um vidro.

c) Cite e explique dois processos de fabricação de vidros e suas aplicações.

d) Descreva resumidamente como ocorre o processo de produção de vidros por laminação.

41º) Quanto aos vidros:

a) Defina de forma sucinta o que são vidros.

b) Quais as 3 (três) classes de componentes dos vidros e quais a importância (função) de cada uma delas na massa vítrea?

42º) Quanto às propriedades dos materiais, em geral:

- a) Qual(is) o(s) mecanismos(s) de condução elétrica?
- b) Como os materiais (cerâmicas, metais e polímeros) podem ser classificados, de forma geral, quanto à condutividade elétrica? Explique em função dos mecanismos principais de condução nestes materiais.
- c) Qual(is) o(s) mecanismos(s) de condução térmica?
- d) Como os materiais (cerâmicas, metais e polímeros) podem ser classificados, de forma geral, quanto à condutividade térmica? Explique em função dos mecanismos principais de condução nestes materiais.

43º) Quanto aos polímeros:

- a) Quais os tipos de reação de polimerização e como ocorrem estas reações? Cite 3 eventuais vantagens quanto à utilização dos polímeros, em comparação a metais e cerâmicas.
- b) Explique como a estrutura dos polímeros influencia nas propriedades mecânicas (módulo de elasticidade), térmicas e elétricas destes materiais.
- c) Cite as principais características de polímeros termoplásticos.

44º) Quanto aos polímeros:

- a) Como o volume específico de um polímero amorfo e de um polímero com elevado grau de cristalinidade variam em função da temperatura?
- b) Explique como e por que o módulo de elasticidade e o LRT de um polímero está relacionado com cada um dos seguintes parâmetros: peso molecular, grau de cristalinidade e presença de ligações cruzadas ou grupos laterais.

45º) As massas específicas e porcentagens de cristalinidade associadas a dois materiais de polipropileno são indicadas abaixo. Calcule as massas específicas do polipropileno totalmente cristalino e totalmente amorfo e determine a massa específica de uma amostra com cristalinidade de 74,6%. Resp.: 0,946 g/cm³, 0,841 g/cm³ e 0,917 g/cm³

Material	ρ_s (g/cm ³)	Cristalinidade (%)
A	0,904	62,8
B	0,895	54,4

46º) As massas específicas e porcentagens de cristalinidade associadas a dois materiais de politetrafluoroetileno são as seguintes:

Material	ρ_s (g/cm ³)	Cristalinidade (%)
A	2,144	51,3
B	2,215	74,2

a) Calcule as massas específicas do politetrafluoroetileno totalmente cristalino e totalmente amorfo. Resp.: 2,0 g/cm³ e 2,3 g/cm³.

b) Determine a porcentagem de cristalinidade de uma amostra que tem massa específica de 2,26 g/cm³. Resp.: 87,9%

Dados:

$$\%cristalinidade(em\ peso) = \frac{\rho_c(\rho_s - \rho_a)}{\rho_s(\rho_c - \rho_a)} \times 100$$

ρ_s = densidade do polímero; ρ_a = densidade da parte amorfa; ρ_c = densidade da parte cristalina

47º) Sabendo que as densidades do nylon 6,6 totalmente cristalino e totalmente amorfo são iguais a 1,242 g/cm³ e 1,091 g/cm³, calcule o grau de cristalinidade de materiais feitos em nylon com densidades iguais a 1,188 g/cm³ e 1,152 g/cm³. Resp.: 67,2% e 43,6%

48º) Quanto aos polímeros:

a) As massas específicas e porcentagens de cristalinidade associadas a dois materiais de politereftalato de etileno são as seguintes:

Material	ρ_s (g/cm ³)	Cristalinidade (%)
A	1,408	74,3
B	1,343	31,2

- Calcule as massas específicas do politereftalato de etileno totalmente cristalino e totalmente amorfo e determine a porcentagem de cristalinidade de uma amostra que tem massa específica de 1,382 g/cm³. Resp.: 1,45 g/cm³, 1,30 g/cm³ / 57,4%

b) Como os polímeros podem ser classificados quanto ao comportamento mecânico? Como são a suas propriedades quanto a este aspecto?

49º) Quanto aos polímeros:

- a) Qual a distinção entre a temperatura de transição vítrea e a temperatura de fusão dos polímeros amorfos e semi-cristalinos quanto à variação do volume específico
- b) Faça comparações entre os polímeros termoplásticos e os termofixos em termos das características mecânicas ao serem aquecidos.
- c) Defina e diferencie termoplásticos e termofixos quanto às suas principais características de ligação.
- d) Como um polímero semi-cristalino e um polímero amorfo se comportam quanto a seu estado físico, à medida que se aumenta a temperatura de utilização?

50º) Quanto às propriedades dos materiais poliméricos:

- a) Por que os polímeros são, geralmente, isolantes elétricos? Quais os mecanismos que levam à condutibilidade elétrica nos polímeros?
- b) Qual a diferença entre termoplásticos e termofixos quanto às estruturas poliméricas e tipos de ligações?
- c) Quais tipos de polímeros podem ser reciclados? E quais não podem? Por que?

51º) Quanto às propriedades dos materiais poliméricos:

- a) Cite 4 (quatro) propriedades que fazem com que os polímeros tenham algumas vantagens técnicas e/ou econômicas quando comparados a outros materiais.
- b) Como o módulo de elasticidade varia em função da temperatura para os materiais poliméricos? Esboce um gráfico onde possamos verificar a T_g e a T_f para dois materiais com índices de cristalinidade diferentes.
- c) Para dois polímeros com as características abaixo, determine quem tem a maior temperatura de fusão, quem é mais dúctil e quem possui maior coeficiente de expansão térmico. Explique.
 - i) cloreto de polivinila (PVC) ramificado, com presença de grupos laterais.
 - ii) cloreto de polivinila (PVC) com ligações cruzadas e presença de grupos laterais.

52º) Quanto às propriedades dos polímeros:

- a) Quais as principais diferenças entre termoplásticos e termofixos? Explique o motivo destas diferenças.
- b) Como se define um elastômero quanto a sua temperatura de uso e estrutura?
- c) Explique como se dá a deformação elástica e plástica nos polímeros.

53º) Responda às seguintes questões:

a) Explique os mecanismos de deformação elástica e plástica nos materiais poliméricos. Explique a influência do grau de cristalinidade no módulo de elasticidade e na ductilidade de um polímero.

b) Faça um gráfico esquemático mostrando como o módulo de elasticidade de um polímero qualquer depende da temperatura, indicando a transição vítrea e a temperatura de fusão neste gráfico.

54º) Para os polímeros, explique sucintamente como e por que a força de ligações, o grau de cristalinidade, a presença de duplas ligações e adições influenciam:

a) No módulo de elasticidade, E .

b) Na condutividade térmica e elétrica.

55º) Quanto aos compósitos

a) Defina o que é um material compósito.

b) Quais os tipos de compósitos reforçados com partículas e quais suas características gerais?

56º) Quanto aos compósitos:

a) Desenhe um organograma informando como os materiais compósitos podem ser classificados.

b) Explique resumidamente como se dá o processo de fabricação de compósitos reforçados com fibras por pultrusão.

57º) Quanto aos compósitos:

a) Quais os tipos de compósitos reforçados com fibras e como a diferença entre eles reflete nas propriedades mecânicas?

b) Quais os componentes de um compósito laminar em forma de sanduiche?

58º) Quanto aos compósitos:

a) Quais as vantagens e principais preocupações quanto ao uso das armaduras poliméricas reforçadas com fibras?

b) Esboce os diagramas tensão-deformação da fibra, da matriz polimérica e do compósito resultante.

59º) Quanto às tintas:

- a) Qual a diferença fundamental entre tintas e vernizes?
- b) Quais os tipos de pigmentos? Qual a função de cada um destes em uma tinta?
- c) Quais os componentes básicos de uma tinta e qual a função de cada um deles?

60º) Quanto às tintas:

- a) Cite três características desejadas para tintas utilizadas em ambientes internos.
- b) Quais problemas podem ocorrer na pintura quando a superfície não é preparada adequadamente?

61º) Quanto às tintas:

- a) Cite três características desejadas para tintas utilizadas em ambientes externos.
- b) Quais as causas do escorrimento e da secagem retardada em tintas após aplicação? Como evitar?

62º) Quanto às tintas:

- a) Cite 2 (dois) tipos de tintas convencionalmente utilizadas e 2 características para cada um dos tipos citados.
- b) Quais os 3 aspectos básicos a serem levados em consideração na escolha de uma tinta para pintura metálica?
- c) Qual a função dos veículos ou aglutinadores? Como agem e quais os tipos disponíveis comercialmente?

63º) Quanto às tintas:

- a) Quais os tipos de tintas látex e qual a diferença entre elas?
- b) Cite 3 (três) características das tintas a óleo e das tintas epóxi quanto aos seus usos na construção civil (3 de cada).
- c) Defina esmalte sintético. Quando se deve utilizar e quais as vantagens de seu uso?

64º) Quanto às tintas:

- a) Cite 4 características das tintas látex.
- b) Qual a tinta mais indicada para aplicação em ambientes de alta agressividade química e umidade, além de ação de raios UV?
- c) Qual a tinta mais indicada para aplicação em paredes novas? Por quê?

65º) Quanto às tintas:

- a) Qual a função dos pigmentos e dos solventes?
- b) Cite 3 (três) características das tintas látex e das tintas a óleo.
- c) Quais os defeitos provenientes de uma dispersão inadequada dos pigmentos e à secagem retardada da tinta? Como evitar?

66º) Quanto às tintas:

- a) Quais os tipos de pigmentos? Qual a função de cada um destes em uma tinta?
- b) Quando devemos utilizar a pintura epóxi? Qual a principal limitação quanto à sua utilização?
- c) Quais os constituintes básicos de um sistema de pintura? Explique a função de cada um.

67º) Quanto às tintas:

- a) Cite 3 (três) impactos ambientais causados pela produção e uso das tintas, explicando as consequências de 2 (dois) deles.
- b) Como as tintas se classificam quanto à formação de película?
- c) O que é “cobrimento” em uma tinta? O que pode provocar um cobrimento ruim?

68º) Quanto às tintas:

- a) Qual a função dos fundos ou massas em um sistema de pintura?
- b) Quais os tipos e características de uma tinta bicomponente?

69º) Quanto às tintas:

- a) Quais os constituintes de um sistema de pintura? Qual a função de cada um?
- b) O que são COVs, qual a sua fonte e consequências aos usuários?
- c) Quais as causas da Diferença de brilho em uma tinta e formação de bolhas em madeira após aplicação? Como evitar?

70º) Quanto às tintas:

- a) Na preparação de superfícies, quais aspectos devem ser atendidos para uma boa execução da pintura?
- b) Explique qual a consequência de uma diluição excessiva da tinta e qual a consequência quando a tinta não é diluída suficientemente.

71º) Quanto às tintas:

- a)** Qual a importância do dióxido de titânio na fabricação das tintas?
- b)** Cite dois defeitos provocados pela má homogeneização da tinta antes de sua utilização (explique)? Como evitar?

72º) Quanto às tintas:

- a)** Quais as principais características que deverão ser consideradas na escolha de uma tinta para aplicação nas diferentes superfícies (metais, madeira e alvenaria)?
- b)** Qual a função do selador e do primer? Quando se utiliza cada um deles?
- c)** Quais vantagens as tintas com baixos teores de COV's possuem quando comparadas às tintas convencionais.

73º) Quanto às tintas:

- a)** Explique esquematicamente como é composto um sistema de pintura para superfícies metálicas.
- b)** Para que serve o biocida em tintas e vernizes? Qual(ais) impactos ambientais causados pela sua utilização?

ABNT NBR 8491:2012

Tijolo de solo-cimento — Requisitos

ABNT NBR 10833:1989

Fabricação de tijolo maciço e bloco vazado de solo-cimento com utilização de prensa hidráulica

1. Classificação

Tijolo maciço de solo-cimento: Elemento de alvenaria cujo volume é igual ou superior a 85% de seu volume total aparente e constituído por uma mistura homogênea, compactada e endurecida de solo, cimento Portland, água e, eventualmente, aditivos em proporções que permitam atender às exigências da norma.

Bloco vazado de solo cimento: Elemento de alvenaria cujo volume é igual ou inferior a 85% de seu volume total aparente, possuindo furos na direção de prensagem e constituído por uma mistura homogênea, compactada e endurecida de solo, cimento Portland, água e, eventualmente aditivos em proporções que permitam atender às exigências desta norma.



Figura 1. Tijolo maciço de solo-cimento.



Figura 2. Bloco vazado de solo-cimento.

2. Condições gerais - materiais:

2.1. Cimento

O cimento Portland deve atender, conforme o tipo empregado, às NBR 5732, NBR 5733, NBR 5735, NBR 5736.

2.2. Água

Deve ser isenta de impurezas nocivas à hidratação do cimento.

2.3. Aditivos

É permitido seu uso, desde que se verifique, em laboratório, seu desempenho, consideradas as condições específicas de produção da mistura em cada caso.

2.4. Solo

Deve atender às seguintes características:

% passando na peneira 4,8 mm (nº 4)	100%
% passando na peneira 0,075 mm (nº 200)	10% a 50%
% areia	≥ 50%
% silte + argila	25 - 45%
% Impurezas Orgânicas	Isento
Identificação dos minerais presentes	DRX
Limite de liquidez (LL)	≤ 45%
Limite de plasticidade (LP)	≤ 27%
Índice de plasticidade (IP=LL-LP*)	≤ 18%
retração linear	≤ 20mm

* LP = limite de plasticidade

3. Produção

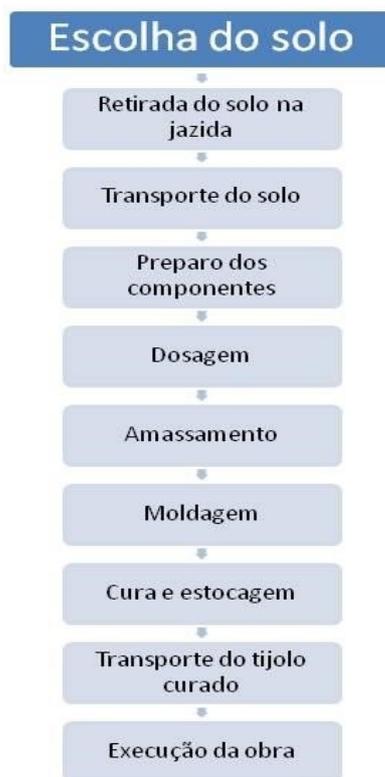


Figura 3. Etapas da produção do tijolo maciço de solo-cimento.

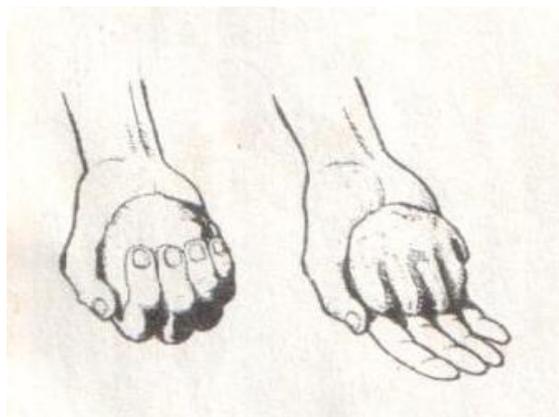
3.1. Mistura de solo-cimento

- Deve ser mecânica.
- Adicionar cimento ao solo, destorroado e peneirado, misturando-os até obter coloração uniforme. Colocar água aos poucos até atingir a umidade ideal de trabalho.

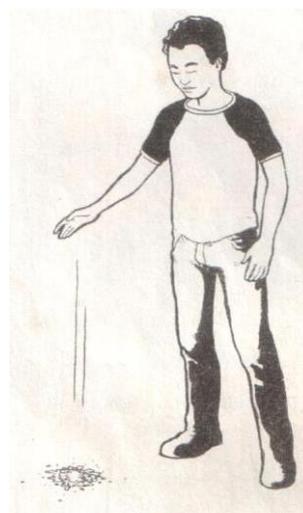
3.2. Dosagem

- A dosagem dos componentes da mistura pode variar de 1:7 a 1:14 (cimento:solo), em volume. Deve-se escolher o traço que, dentro dessa faixa, apresente a menor quantidade de cimento, atendendo aos requisitos de resistência e absorção, conforme a norma ABNT NBR 8491:2012 (Tijolo de solo-cimento - Requisitos).
- Os ensaios utilizados para determinação da umidade ótima de compactação da mistura são realizados sem a necessidade de equipamentos e são baseados na análise tátil-visual da mistura, em metodologia proposta pelo CEPED/BA, em 1999.

- a) Toma-se um punhado do material nas mãos e aperta-se entre os dedos. Ao abrir a mão, a massa deverá adquirir a sua forma. Se isso não ocorrer, é porque a massa está muito seca (Figura 4a).
- b) Deixa-se o bolo de massa cair de uma altura de aproximadamente 1,0m. A massa deverá esfarelar-se ao se chocar contra a superfície dura. Se isso não ocorrer, é porque a massa deve estar muito úmida (Figura 4b).



(A)



(B)

Figura 4. Determinação da umidade ótima da mistura.

- **Determinação da umidade da mistura solo-cimento pelo método "Speedy"**

Objetivo

O objetivo deste ensaio é determinar a umidade de solos e agregados miúdos pelo emprego do aparelho "Speedy", conforme preconiza a norma do DNER ME-52-64.

Procedimento

1. Determine uma quantidade de amostra de acordo com a umidade estimada.
2. Coloque a amostra na câmara do aparelho "Speedy".
3. Introduza na câmara do aparelho duas esferas de aço.
4. Cubra as esferas com a amostra.
5. Introduza na câmara do aparelho a ampola de carbureto de cálcio, deixando deslizar com cuidado pelas paredes da câmara, a fim de evitar que se quebre.

6. Feche o aparelho, baixando as presilhas ou apertando o parafuso obturador, conforme o modelo do aparelho.
7. Agite o aparelho repetidas vezes, para que a ampola se quebre, o que se verifica através do surgimento de pressão acusada no manômetro.
8. Leia a pressão e registre após esta pressão se acusar constante (o ponteiro não se move).
9. Caso a leitura seja inferior a $0,2 \text{ Kp/cm}^2$, o ensaio deverá ser repetido. Com amostra imediatamente superior ao empregado e se a leitura for maior que $1,5 \text{ Kp/cm}^2$, repete-se o ensaio com uma massa imediatamente inferior.

Tabela 1. Tabela para uso do umidímetro tipo “Speedy”.

Leitura do manômetro (Kp/cm ²)	Percentagem de água contida nas amostras		
	20g	10g	5g
0,1	-	1,2	2,5
0,2	-	2,3	4,8
0,3	2,5	3,5	7,0
0,4	3,1	4,6	9,3
0,5	3,7	5,8	11,6
0,6	4,2	6,9	13,8
0,7	4,7	8,1	16,1
0,8	5,3	9,3	18,5
0,9	5,9	10,4	20,6
1,0	6,5	11,5	23,0
1,1	7,1	12,7	25,2
1,2	7,7	13,8	27,4
1,3	8,3	15,0	29,5
1,4	8,9	16,2	31,8
1,5	9,4	17,3	33,0
1,6	10,0	18,4	35,2
1,7	10,6	19,5	37,5
1,8	11,2	20,7	39,7
1,9	11,8	21,8	42,0
2,0	12,4	23,0	44,3

Resultado

Determina-se o teor de umidade em relação à massa da amostra seca usando a seguinte fórmula:

$$h(\%) = \frac{h_1}{100 - h_1} \times 100$$

Onde “h” é o teor de umidade em relação à massa de amostra seca e “h₁” é o teor de umidade em relação à amostra toda úmida determinada na tabela 1 de aferição do aparelho.

• **Determinação da umidade da mistura solo-cimento pelo método do aquecimento ao fogo**

Procedimento

1. Determine uma quantidade de amostra de acordo com a umidade estimada (M_h).
2. Coloque a amostra em um recipiente metálico, adicionando algum combustível (álcool) à mistura.
3. Incendeie a amostra e a movimente até que esteja completamente seca.
4. Determine a massa seca, M_s.

Identificação	Massa úmida, M _h (g)	Massa seca, M _s (g)	Umidade, h (%)
01			
02			
03			
Média	-	-	

$$h = \frac{M_h - M_s}{M_s} \times 100$$

3.3. Moldagem

- Transferir, imediatamente, a mistura para o molde e executar a prensagem (Figura 5).
- Retirar os tijolos e empilha-los à sombra, sobre uma superfície plana, até uma altura máxima de 1,5m.

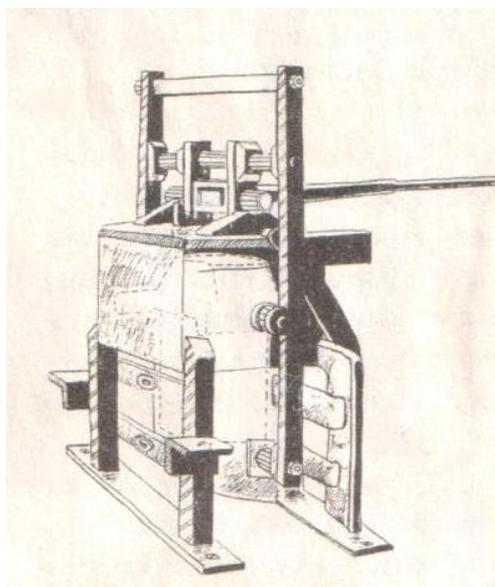


Figura 5. Ilustração da prensa manual modelo Cinva-Ram, utilizada para produção de tijolos solo-cimento.

3.4. Cura

- Após 6 horas de moldagem e durante os sete primeiros dias, manter os elementos úmidos, a fim de garantir a cura necessária.
- Os tijolos devem ser empilhados à sombra, de forma que o ar possa circular entre eles, e regados diariamente com água durante uma semana.
- Os tijolos devem ser utilizados, no mínimo, 14 dias após a fabricação.

4. Condições Específicas

4.1. Resistência à compressão.

A amostra ensaiada de acordo com a norma não deve apresentar a média dos valores de resistência à compressão menor do que 2,0MPa, nem valor individual inferior 1,7MPa com idade mínima de sete dias.

4.2. Absorção de água.

A amostra ensaiada de acordo com a norma não deve apresentar a média dos valores de absorção de água maior do que 20%, nem valores individuais superiores a 22%.

Observações:

5. Manifestações patológicas mais comuns

Apesar de ser um método construtivo bastante eficiente e seguro, a alvenaria de tijolos de solo-cimento podem apresentar falhas ou vícios construtivos. Essas falhas ocorrerão conforme a não observância de aspectos importantes, desde a seleção e tratamento dos materiais, fabricação dos blocos, até o processo construtivo. Segue abaixo descrito as principais manifestações patológicas que podem ser observadas neste tipo de construção.

5.1. Trincas originadas por contração e expansão dos tijolos.

Esse tipo de patologia é proveniente de processo de fabricação e cura inadequados.



Figura 6 – Manifestação patológica em alvenaria de blocos de solo-cimento, originada por contração e expansão dos tijolos.

5.2. Desalinhamento dos blocos causado pela má utilização da tecnologia.

Problema originado em falha construtiva.

5.3. Trincas verticais.

Podem ser causadas por falha de fabricação dos tijolos, incompatibilidade com a argamassa de assentamento ou recalque diferencial na fundação.



(A)

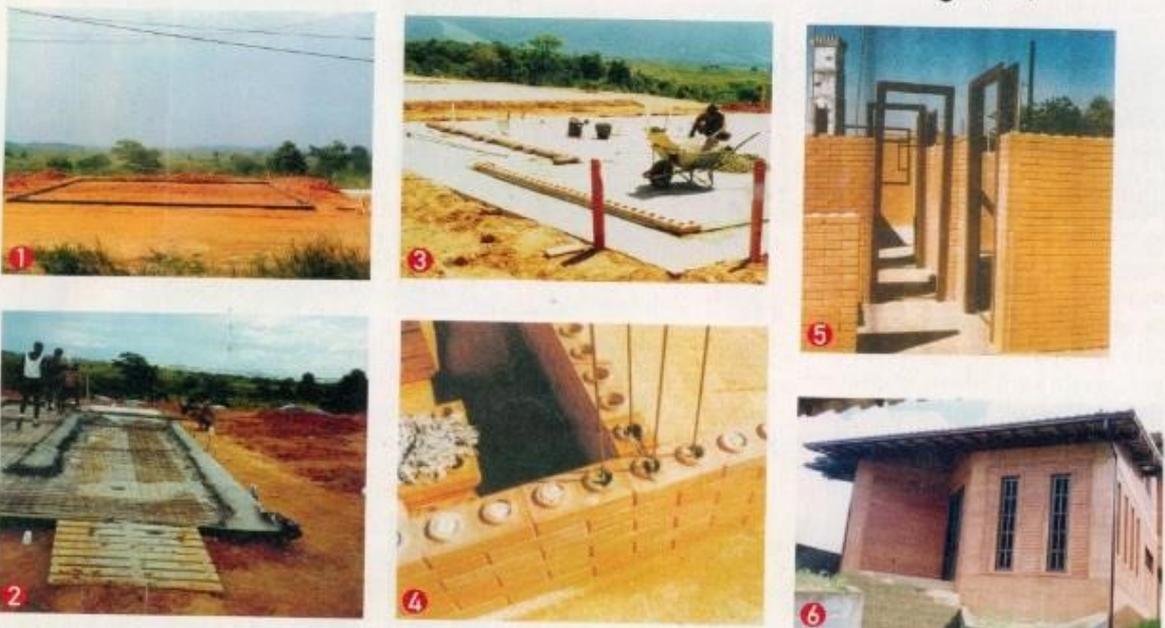


(B)

Figura 7 – Manifestação patológica em alvenaria de blocos de solo-cimento, (A) causada pela má utilização da tecnologia e (B) Trincas verticais.

6. Aplicação

Veja passo a passo a construção de uma casa a 40 km de Friburgo (RJ)



- 1** Após a colocação do gabarito metálico e antes da concretagem do radier é feita a locação da ferragem vertical (vergalhões de 8 mm), que deve ficar engastada na fundação. Antes da concretagem, verifica-se também a locação das tubulações de água e esgoto
- 2** A concretagem do radier deve ser seguida da marcação da "dama", base de argamassa impermeabilizada que acompanha o traçado das paredes. Para sua marcação, deve ser considerado que 1 m corresponde a 1,005 m na marcação de eixo a eixo
- 3** Sobre a "dama" já endurecida é assentada a 1ª fiada de tijolos. Para isso, é utilizada a argamassa feita com a própria mistura de solo-cimento aditivada de cal ou outro produto químico que ajude a reter água e minore a retração. As duas primeiras fiadas devem ser rigorosamente niveladas e alinhadas
- 4** Os tijolos são encaixados uns sobre os outros em juntas desencontradas. A cada 0,50 m o prumo e o nível devem ser conferidos. Os furos designados no projeto devem ser grauteados. O encontro de paredes deve ser solidarizado com grampos e grapas.
- 5** Após a colocação dos caixonetes das portas e das janelas, são feitas vergas e contravergas com tijolo de solo-cimento do tipo canaleta. Para isso, os furos de duas fiadas imediatamente abaixo são obturados com um copinho de plástico e grauteados. Dois vergalhões horizontais são dispostos em paralelo no interior da canaleta que é então grauteada.
- 6** Após o término da alvenaria é executada a cobertura. A casa já está pronta.

As instalações ficam embutidas nos furos dos tijolos e acompanham a execução da alvenaria

Figura 8 – Passo a passo para a construção de uma casa com alvenaria em blocos de solo-cimento. Fonte ; FIGUEROLA, VALENTINA. Alvenaria de solo-cimento. *Téchne*, edição 85, p.33, 12 de abril de 2004.

ABNT NBR 15310:2009

Componentes cerâmicos - Telhas - Terminologia, requisitos e métodos de ensaio

1. Definições

Telha cerâmica: Componente para cobertura constituída por peças côncavas (canais) e por peças convexas (capas) que se recobrem longitudinal e transversalmente, compondo vedos estanques à água.

Telha Planas de encaixes: Telhas cerâmicas planas que se encaixam por meio de sulcos e saliências, apresentando pinos e/ou furos de amarração, para fixação na estrutura de apoio.

Telhas compostas de encaixe: Telhas cerâmicas planas que possuem geometria formada por capa e canal no mesmo componente, para permitir o encaixe das mesmas entre si, possuem pinos e/ou furos de amarração, para fixação na estrutura de apoio.



Figura 1 - Telha plana de encaixe



Figura 2 – Telha composta de encaixe

Telhas simples de sobreposição: Telhas cerâmicas formadas pelos componentes capa e canal independentes. A concavidade ou convexidade define a utilização como canal ou capa respectivamente. O canal deve apresentar pinos, furos ou pinos e furos de amarração, para fixação na estrutura de apoio; a capa está dispensada de apresentar furos ou pinos.

Telhas planas de sobreposição: Telhas cerâmicas planas que somente se sobrepõe, e que podem ter pinos para o encaixe na estrutura de apoio ou pinos e furos de amarração para fixação.



Figura3 - Simples de Sobreposição



Figura 4 - Plana de sobreposição

2.3. Características sonoras.

A telha deve apresentar som semelhante ao metálico, quando suspensa por uma extremidade e percutida.

Tabela 3. Característica sonora – som emitido

Amostra	Som emitido	Quantidade (S/N)

2.4. Tolerâncias dimensionais.

Para as telhas cerâmicas do tipo colonial e paulista (telhas simples de sobreposição), as tolerâncias dimensionais individuais são:

Tabela 4. Tolerâncias dimensionais individuais para telha cerâmica simples de sobreposição.

Grandezas controladas	Tolerância admitida - mm	
	Telha Colonial	Telha Paulista
Comprimento	460 ± 9	460 ± 9
Altura maior / menor	75 / 55	70 / 79
Largura maior / menor	180 ± 4 / 140 ± 3	160 ± 3 / 120 ± 2
Espessura	13 ± 1	13 ± 1
Planaridade	≤ 5	≤ 5
Retilineidade	< 1% do comprimento	< 1% do comprimento

Tabela 5. Aceitação ou Rejeição por dupla amostragem na inspeção geral e na inspeção por ensaio.

Nº de Telhas Constituintes		Unidades não-conformes			
		1ª amostragem		2ª amostragem	
1ª amostragem	2ª amostragem	Nº Aceitação	Nº Rejeição	Nº Aceitação	Nº Rejeição
Geral					
30	30	2	5	6	7
Por Ensaio					
6	6	1	3	3	4

Planaridade: Flecha máxima medida em um dos vértices de uma telha, estando os outros três apoiados em um mesmo plano horizontal.

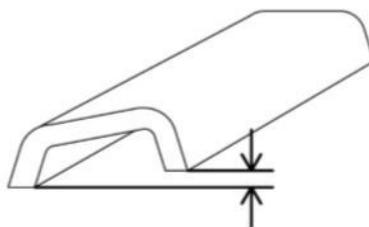


Figura 5 - Representação esquemática de planaridade

Retilidade: Flecha máxima medida em um ponto determinado das bordas, ou no eixo central, no sentido longitudinal ou no transversal.

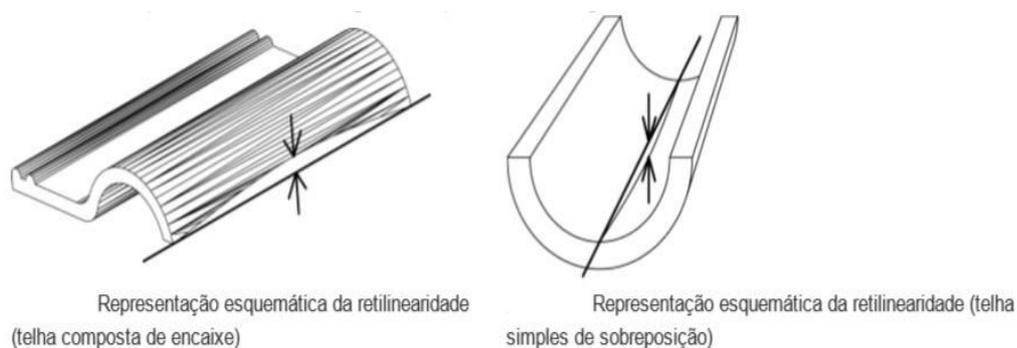


Figura 6 – Representação esquemática de Retilidade

Inspeção por ensaio:

a. Características geométricas – (medição em mm).

Aparelhagem: paquímetro e régua.

Identificação (n)	Dimensão Média - mm			Largura - mm		Espessura (mm)	Tipo
	Comprimento	Altura Maior	Altura Menor	Maior	Menor		
01							
02							
Média							

b. Planaridade e Retilidade - (medição em mm).

Aparelhagem: paquímetro e régua.

Identificação	Planaridade (mm)	Retilidade (mm)	Tipo
01			
02			
Média			-

Modelo: Colonial

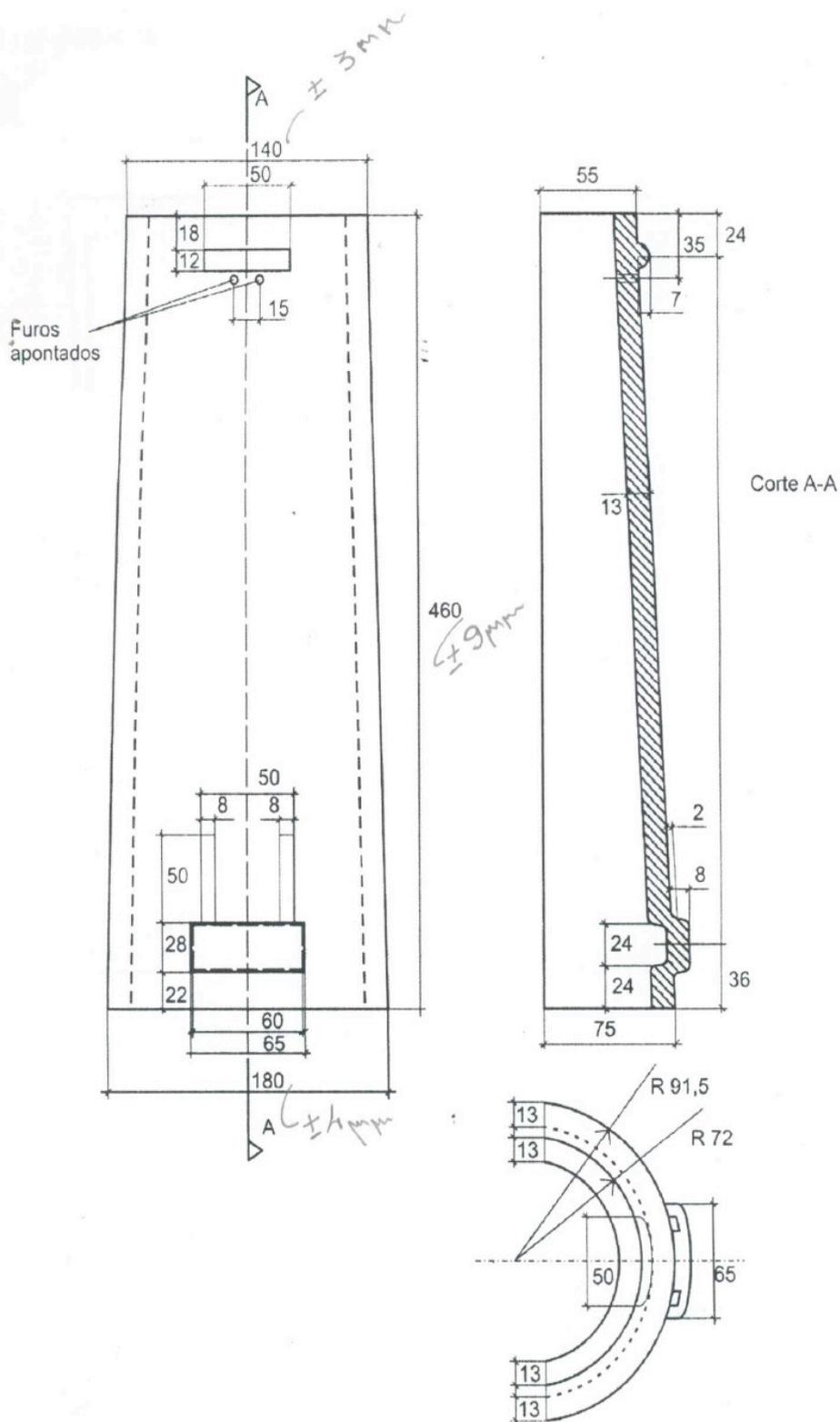


Figura 7 – Cotas de referência da telha colonial, conforme NBR 15310/2009.

Modelo: Paulista

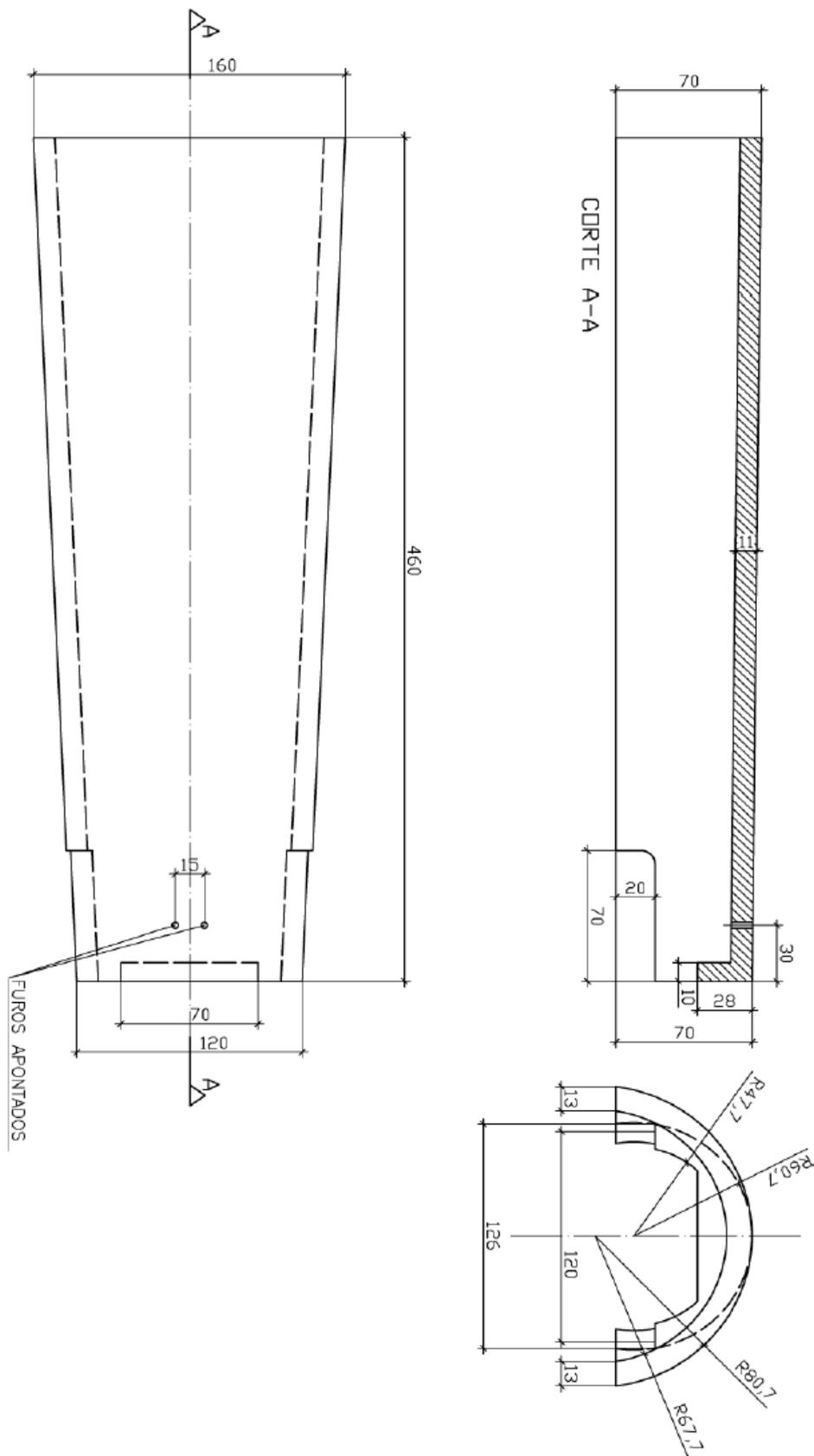


Figura 8 – Cotas de referência da telha paulista, conforme NBR 15310/2009.

2.5. Índice de Absorção de Água.

O índice de absorção de água está relacionado ao clima da região que a telha está em uso.

Tabela 6. Absorção de água máxima para telhas cerâmicas expostas às diversas condições de clima

Climas	Absorção (%)
Temperado ou tropical	≤ 20
Frios e temperados	≤ 12
Muito frio e úmido, durante longos períodos, inclusive a ciclos frequentes de gelo e degelo.	≤ 7

Aparelhagem: balança, estufa e tanque de imersão;

Identificação	Massa seca (g)	Massa saturada (g)	Absorção de água (%)
01			
02			
03			
Média	-	-	

$$Ab(\%) = \frac{\text{massa saturada} - \text{massa seca}}{\text{massa seca}} \times 100$$

2.6. Impermeabilidade (estanqueidade).

Quando submetido ao ensaio para verificação da impermeabilidade, a telha não deve apresentar vazamentos ou formação de gotas em sua face inferior, sendo, porém, tolerado o aparecimento de manchas de umidade. O surgimento eventual de gotas na face inferior das telhas, devido à permeabilidade não deve ser confundido com a formação de gotas na face inferior das telhas por causa da condensação da umidade do ar ambiente.

Aparelhagem: suporte para telha e molduras - 06 unidades

Identificação	Posição da telha cerâmica	Ocorrência
01		
02		
03		
Média	-	-

2.7. Carga de ruptura à flexão (N).

A determinação da carga de ruptura à flexão simples (flexão a três pontos ou ensaio dos três cutelos) tem por finalidade simular situações genéricas no transporte, no uso, na construção e manutenção. As cargas de ruptura à flexão não devem ser inferiores às indicadas na tabela 7.

Tabela 7. Cargas de ruptura Admissíveis para Telhas Cerâmicas.

Tipos de telhas	Modelo	Carga (N)
Planas de encaixe	Telhas francesas	1000
Composta de encaixe	Telhas Romanas	1300
Simples de sobreposição	Telha colonial	1000
	Telha plana	
	Telha paulista	
	Telha Piauí	
Planas de sobreposição	Telha alemã e outras	1000

Aparelhagem: paquímetro e prensa.

Identificação	Carga de ruptura à flexão simples (N)	Espessura após fratura (mm)	Observação da estrutura na região fraturada
01			
02			
03			
Média			-



ABNT NBR 15270-3:2005

Componentes cerâmicos - Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação - Métodos de ensaio

1. Definições

Área Bruta: Área da seção de assentamento delimitada pelas arestas do bloco, sem desconto das áreas dos furos, quando houver.

Área Líquida: Área da seção de assentamento, delimitada pelas arestas do bloco, com desconto dos furos, quando houver.

Bloco Cerâmico de Vedação: Componente da alvenaria que possui furos prismáticos perpendiculares às faces que os contêm.

Bloco Cerâmico Estrutural: Componente da alvenaria estrutural que possui furos prismáticos perpendiculares às faces que os contêm.

NOTA:

1. O bloco cerâmico para vedação é produzido para ser usado especificamente com furos na horizontal, como representado na figura 1.
2. Também pode ser produzido para utilização com furos na vertical, como representado esquematicamente na figura 2.
3. Os blocos cerâmicos estruturais são produzidos para serem assentados com os furos na vertical.
4. Os blocos cerâmicos para vedação constituem as alvenarias externas ou internas que **não têm a função de resistir a outras cargas verticais, além do peso da alvenaria da qual faz parte.**

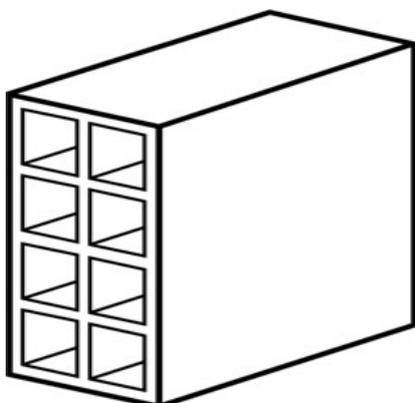


Figura 1 - Bloco cerâmico de vedação com furos na horizontal

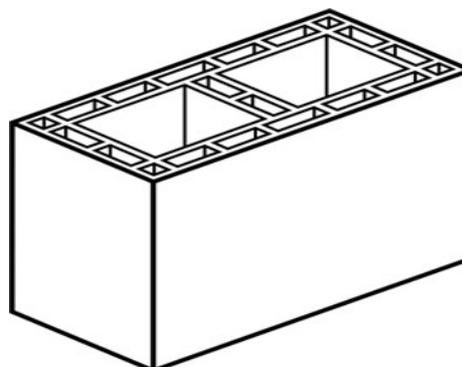


Figura 2 - Bloco cerâmico de vedação com furos na vertical

Bloco cerâmico estrutural com paredes maciças: Componente da alvenaria cujas paredes externas são maciças e as internas podem ser paredes maciças ou vazadas, empregado na alvenaria estrutural não armada, armada e protendida, conforme representado esquematicamente nas figuras 3 e 4.

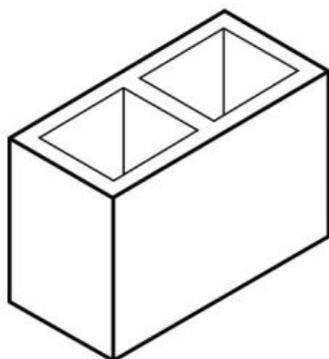


Figura 3 – Bloco cerâmico estrutural maciço (com paredes internas maciças).

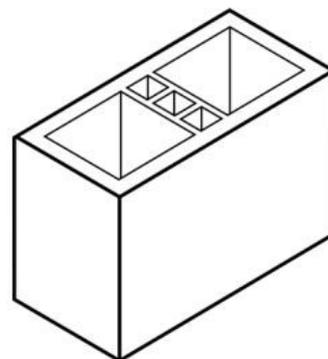


Figura 4 – Bloco cerâmico estrutural maciço (com paredes internas vazadas).

Bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas: Componente da alvenaria estrutural com paredes vazadas, empregado na alvenaria estrutural não armada, armada e protendida, conforme representado esquematicamente na figura 5.

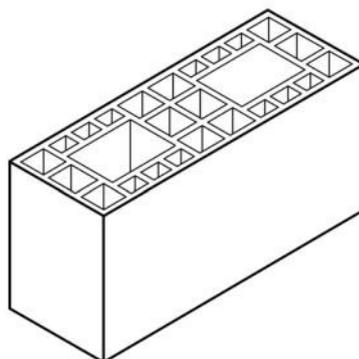


Figura 5 – Bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas

Bloco cerâmico estrutural perfurado: Componente da alvenaria estrutural cujos vazados são distribuídos em toda a sua face de assentamento, empregado na alvenaria estrutural não armada, conforme representado esquematicamente na figura 6.

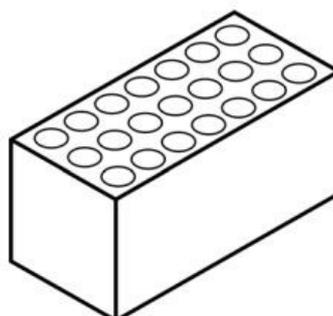


Figura 6 – Bloco cerâmico estrutural perfurado

2. Requisitos Gerais

2.1. Identificação do produto.

O bloco cerâmico deve trazer gravado em uma de suas faces externas uma inscrição que deve conter no mínimo o seguinte:

- a) Identificação da empresa.
- b) Dimensões de fabricação em centímetros, na sequência largura (L), altura(H) e comprimento (C), na forma (L x H x C), podendo ser suprimida a unidade de medida.

Inspeção geral - Identificação do Produto

2.2. Características visuais.

O bloco cerâmico de vedação não deve apresentar defeitos sistemáticos, tais como quebras, superfícies irregulares ou deformações que impeçam o seu emprego na função especificada.

- Características Visuais – Defeitos encontrados

- Aceitação e Rejeição

Nº de Blocos		Unidades não conformes			
		1ª amostragem		2ª amostragem	
1ª amostragem	2ª amostragem	Nº de Aceitação	Nº de Rejeição	Nº de Aceitação	Nº de Rejeição
13	13	2	5	6	7

2.3. Tolerâncias dimensionais.

a) Dimensões Médias.

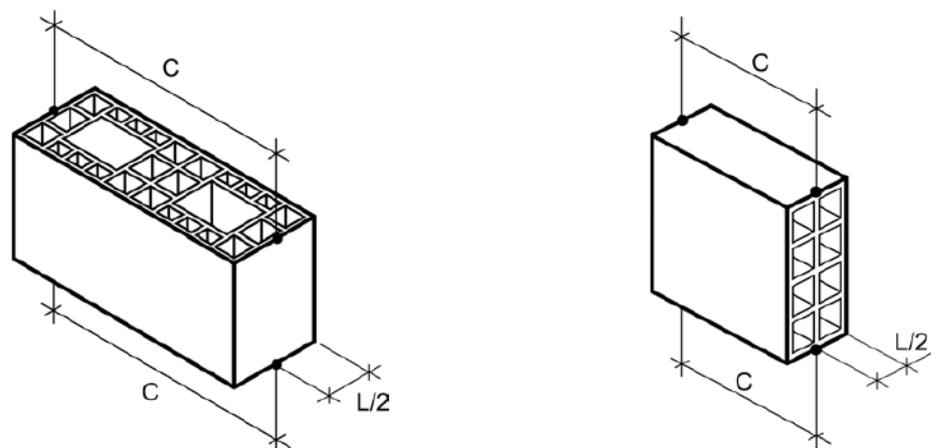


Figura 7 – Locais para medições do comprimento (C) do bloco

b) Espessura dos septos e paredes externas.

A espessura dos septos dos blocos cerâmicos de vedação deve ser no mínimo 6mm e, das paredes externas, no mínimo 7mm.

NOTA: Caso o bloco apresente ranhuras, a medição deve ser feita no interior destas.

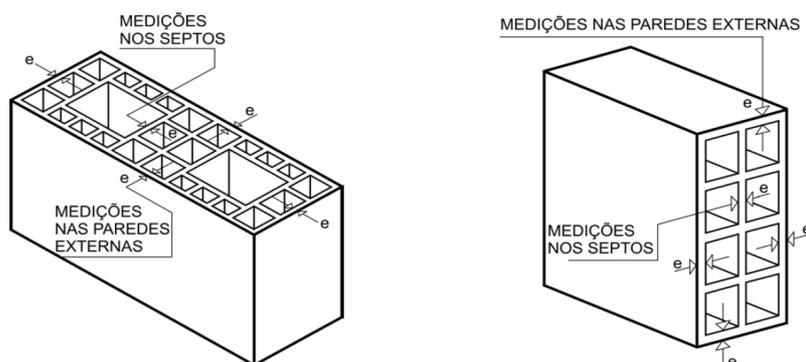


Figura 8 – Posições esquemáticas para as medições da espessura das paredes externas e septos.

c) Desvio em relação ao esquadro (D).

O desvio em relação ao esquadro deve ser no máximo 3 mm.

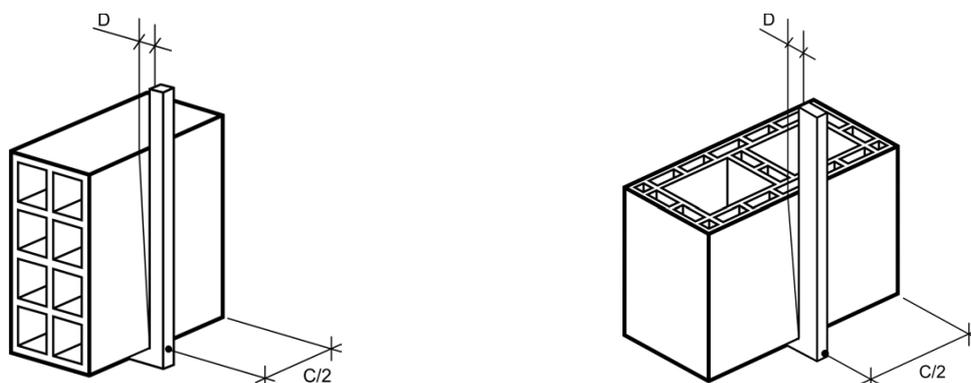


Figura 9 – Desvio em relação ao esquadro - Representação esquemática.

d) Planeza das Faces (P).

Irregularidades na planeza das faces não devem superar 3 mm.

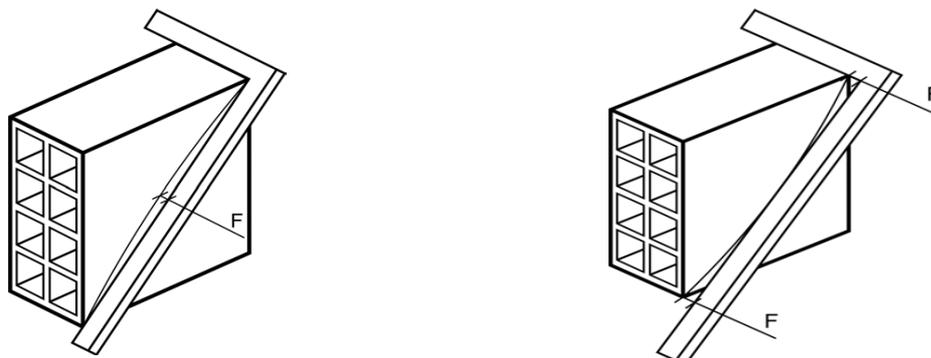


Figura 10 – Planeza das faces – Representação esquemática – Bloco de vedação.

- Medidas realizadas:

Ident.	Dimensão média (mm)			Espessura (mm)		Desvio ao Esquadro (mm)	Planeza de faces (mm)
	Largura	Altura	Comprimento	Septo	Parede		
1							
2							
Média							

- Tolerâncias dimensionais relacionadas à dimensão efetiva:

Grandezas	Tolerância individual (mm)	Tolerância média (mm)
Largura	90 ± 5	90 ± 3
Altura	190 ± 5	190 ± 3
Comprimento	240 ± 5	240 ± 3

- Exigências dimensionais relacionadas à espessura dos septos, desvio em relação ao esquadro e planeza das faces:

Grandezas controladas	Exigência
Espessura dos septos	≥ 6 mm
Espessura das paredes	≥ 7 mm
Desvio em relação ao esquadro	≤ 3 mm
Planeza das faces	≤ 3 mm

ACEITAÇÃO: Para aceitação de cada lote (13 blocos) quanto à tolerância dimensional, é permitido que apenas 2 unidades sejam consideradas não-conformes.

2.4. Índice de Absorção de Água.

O índice de absorção de água não deve ser inferior a 8% nem superior a 22%.

- **Determinação da absorção de água:**

Identificação	Massa Seca (g)	Massa Saturada (g)	Absorção de água (%)
1			
2			
3			
Média	---	---	

$$AA (\%) = \frac{m_u - m_s}{m_s} \times 100$$

Onde,

m_u é a massa saturada;

m_s é a massa seca.

ACEITAÇÃO:

Para aceitação de cada amostragem simples (6 blocos) quanto à absorção de água, é permitido que apenas 1 unidade seja considerada não-conforme.

2.5. Absorção de Água Inicial (AAI).

Caso o índice de absorção de água inicial (AAI) para os blocos cerâmicos de vedação apresente valor superior a (30g/193,55 cm²)/min, os blocos devem ser umedecidos antes do assentamento para o seu melhor desempenho. Se o valor do índice de absorção inicial (AAI) resultar menor que o limite mencionado, os blocos podem ser assentados sem ser previamente umedecidos.

- **Determinação da absorção de água inicial (AAI)**

Identificação	Largura (cm)	Comprimento (cm)	Massa Seca (g)	Massa Úmida (g) *
1				
2				
3				

* Obtida após manter o bloco em lâmina d'água, para sucção capilar, durante 60 segundos.

$$AAI = 193,55x \frac{\Delta M}{\text{Área}}$$

sendo,

ΔM é a variação de massa obtida no ensaio, em gramas;

Área é a área bruta ou área líquida dos blocos ensaiados, em centímetros quadrados (cm²).

Identificação	Área (cm ²)	Variação de Massa, ΔM (g)	Absorção inicial (g/193,55cm ²)/min
1			
2			
3			
Média	---	---	

2.6. Resistência à compressão.

Antes da realização dos ensaios, as superfícies externas devem ser capeadas com pastas de cimento ou enxofre, a fim de regularizar estas superfícies. A resistência à compressão dos blocos de vedação, calculada na área bruta, deve atender aos valores mínimos indicados na tabela abaixo:

Posição dos furos	Resistência à compressão (MPa)
Para blocos usados com furos na horizontal	≥ 1,5
Para blocos usados com furos na vertical	≥ 3,0

$$R_c = \frac{F}{A}$$

Onde,

R_c é a resistência do bloco, em MPa;

F é a carga lida na ruptura, em N;

A é a área de carregamento, em mm².

- Determinação da resistência à compressão

Identificação	Posição do furo	Largura (mm)	Comprimento (mm)	Área de carregamento (mm²)	Carga de ruptura (N)	Resistência (MPa)
1						
2						
Média	---	---	---	---	---	

ACEITAÇÃO:

Para aceitação de cada lote (13 blocos) quanto à resistência à compressão individual, é permitido que apenas 2 unidades sejam consideradas não-conformes.