

METAIS E LIGAS



Resistência Mecânica (INDICAÇÕES)



LIGAS METÁLICAS PARA FUNDIÇÃO



METAIS

DEFINIÇÃO - CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

- é um elemento, substância ou liga em que os átomos e suas ligações estão arranjados em forma muito ordenada.
- possuem núcleos iônicos na sua estrutura atômica, e um, dois ou no máximo três elétrons de valência.
- os elétrons de valência possuem certa liberdade por ser pouco atraído pelo núcleo do átomo, o que lhes confere certa liberdade, favorecendo a formação de cátions e a ligação iônica dos metais a elementos não-metálicos.
- são relativamente densos em comparação aos polímeros e as cerâmicas.

METAIS

DEFINIÇÃO - CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

- estruturas tipicamente **cristalinas** (os átomos estão posicionados em um arranjo repetitivo ou periódico ao longo de grandes distâncias atômicas)
- bons condutores térmicos e de eletricidade devido a sua estrutura atômica e principalmente pelos elétrons de valência

METAIS

“Metal é uma substância química opaca brilhante, boa condutora de calor e eletricidade e, quando polida, boa refletora de luz” (Metals Handbook, 1992).

METAIS

DEFINIÇÃO (QUÍMICA):

“Todo elemento que em solução se ioniza positivamente”

(Materiales Dentales, Macchi, 1980)

ÁTOMO

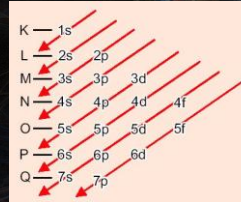
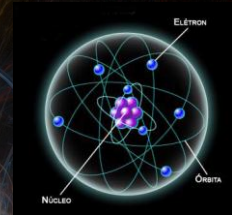


TABELA PERIÓDICA

A tabela periódica dos elementos químicos é apresentada com as seguintes legendas e observações:

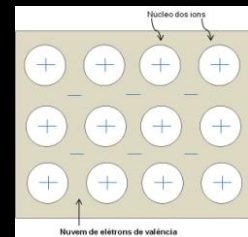
Legendas:

- Metals:** Representado por um retângulo amarelo.
- Semimetals:** Representado por um retângulo verde.
- Não-metals:** Representado por um retângulo rosa.
- Gases nobres:** Representado por um retângulo azul claro.
- Gases:** Representado por um retângulo vermelho.
- Líquidos:** Representado por um retângulo azul escuro.
- Sólidos:** Representado por um retângulo amarelo-claro.
- Artificiais:** Representado por um retângulo cinza.

Observações:

- 1) Massas atômicas limitadas a cinco algarismos decimais (IUPAC - 2005/07).
- 2) Referência ao isótopo com meia-vida mais longa.
- 3) Elementos fora da IUPAC - 2005/07.

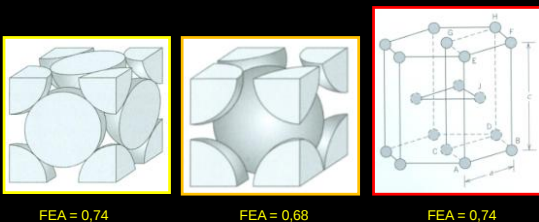
LIGAÇÕES



- Ligações Primárias
- Liberdade dos Elétrons de Valência
- Superfície – Presença da Nuvem de Elétrons
- Demais Elétrons formam os Núcleos Iônicos

Estruturas Cristalinas dos Metais

- Cúbica de Face Centrada
- Cúbica de Corpo Centrado
- Hexagonal Compacta

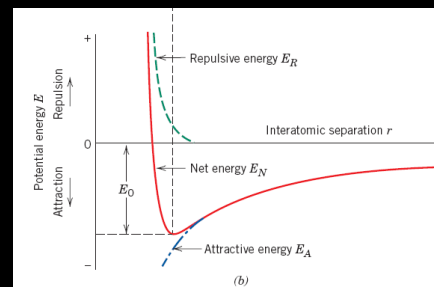


FEA = 0,74

FEA = 0,68

FEA = 0,74

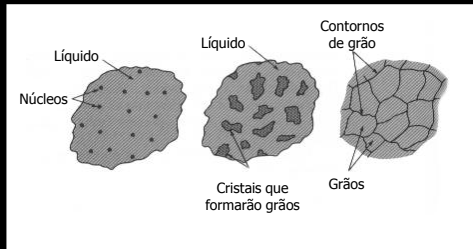
DISTÂNCIA DE EQUILÍBRIO



A dependência das **energias** repulsiva, atrativa e resultante em relação à separação interatômica para dois átomos isolados

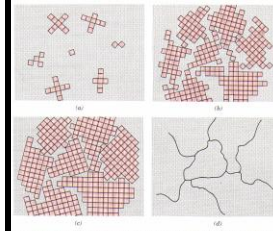
SOLIDIFICAÇÃO DOS METAIS

Processo de nucleação e crescimento

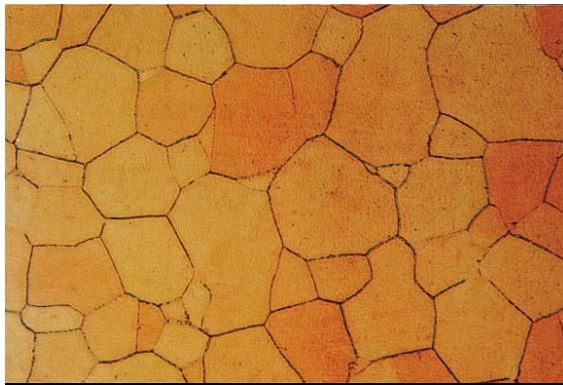


SOLIDIFICAÇÃO DOS METAIS

Formação dos grãos



- Os grãos são formados no início do processo de solidificação a partir de pequenos agrupamentos de átomos chamados de núcleos.
- Cada núcleo dá origem a um grão com crescimento cristalográfico em direção diferente de seus vizinhos.
- Quando resta pouco líquido e os diferentes grãos começam a se encontrar, formam o contorno de grão.
- O contorno de grão é uma região de 2 a 10Å, desordenada, sem uma estrutura cristalina definida, sendo portanto uma região de maior energia que a do interior do grão.



John Wataha, J Prosthet Dent, 2002

TAMANHO DO GRÃO

• Dependem da Velocidade de Resfriamento

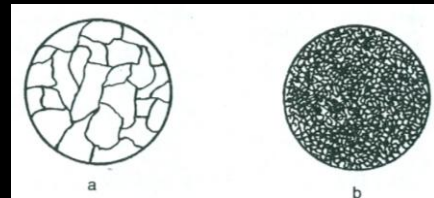
• Resfriamento Lento → Poucos Núcleos (a)

• Resfriamento Rápido → Muitos Núcleos (b)

• O tamanho pode ser controlado → Agregando Impurezas

• Formam Núcleos

• Regulam o Resfriamento



CURVA DE RESFRIAMENTO

Ponto B – Formação de Núcleos

– Exotermia

Ponto C a D – Temperatura de

Solidificação ou Fusão



METAIS e LIGAS

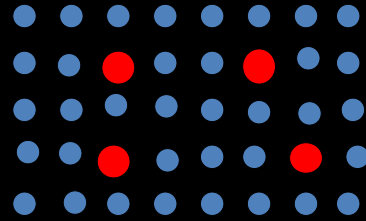
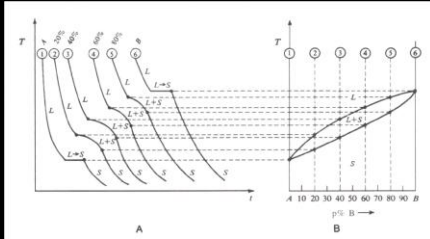
• Metais Puros

• Ligas Metálicas → são misturas de pelo menos dois metais (elementos químicos) diferentes com a intenção principal de:

- ↑ Resistência Mecânica

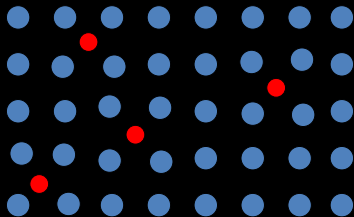
LIGAS METÁLICAS

Diagrama de Equilíbrio



Similariedade - Tamanho Atômico até 15%
- Mesmo Arranjo Micro Estrutural

- Átomos e Íons substituem uns aos outros na grade estrutural → Solução Sólida Substitucional



Similariedade - Entre os Elementos
- Tamanho Atômico <60%

- Átomos Menores entre Maiores → Solução Sólida Intersticial

METAIS e LIGAS

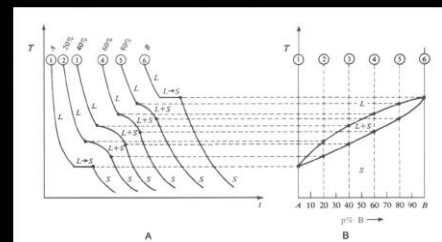
- Solução Sólida :
- Solvente – representa o elemento ou o composto que está presente na maior quantidade
- Soluto – é o elemento ou composto que está presente na menor quantidade

LIGAS METÁLICAS

- Estado Líquido → Homogêneo
- Estado Sólido → pode haver Segregação
→ Heterogênea

LIGAS METÁLICAS

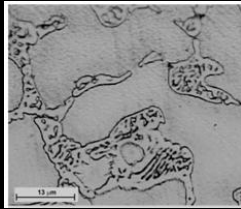
Diagrama de Equilíbrio



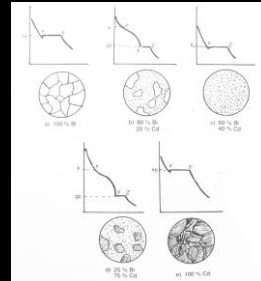
LIGAS METÁLICAS

Ligas Eutéticas (que funde em temperatura inferior)

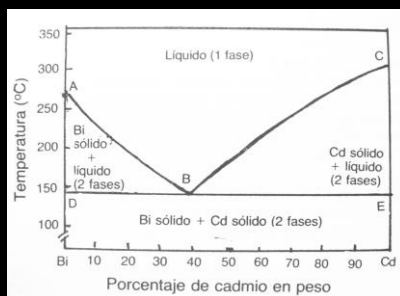
Quando dois elementos são totalmente solúveis apenas no estado líquido.



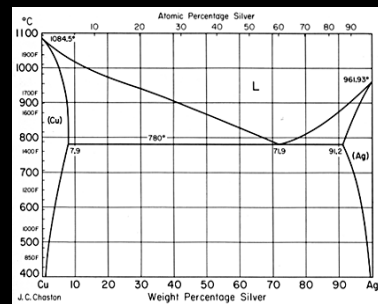
LIGAS EUTÉTICAS



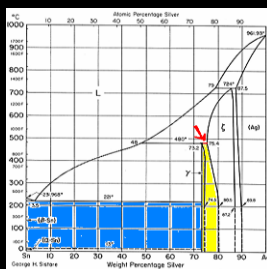
LIGAS EUTÉTICAS



LIGAS EUTÉTICAS

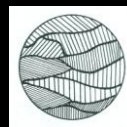


LIGAS PERITÉTICAS



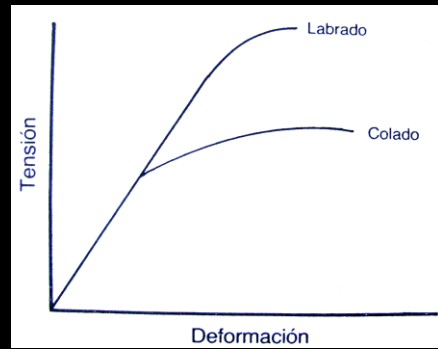
Metal Trabalhado

- Intenso tratamento de Deformação a Frio
- Exemplo: Molas
- Uma liga ou metal fundido é colocado num molde para obter o lingote que será deformado por tração
- **Mais Dureza** **Mais Resistência**
- Limite proporcional aumentado → maior a possibilidade de acumular energia (resiliência)



Endurecimento por deformação a FRIO

- Produz distorção no reticulado espacial
- Necessidade de aplicar tensões cada vez maiores para produzir deformação permanente
- Dificulta os deslocamentos → dificuldade para mover –se.
- Dureza
- Resistência
- O módulo de elasticidade não se altera

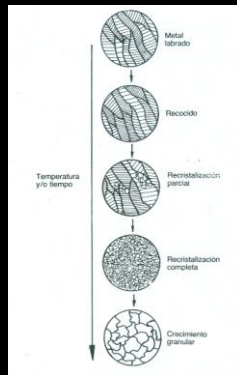


Trabalhado

Recozido

(Libera Tensões)

- Temperatura
- Tempo



Ligas Odontológicas

- fundição – técnica da cera perdida – 1907 (Taggart)
- ligas p/ odontologia
- 1932 – NBS (National Bureau of Standards)
 - ouro
 - cobalto-cromo
 - ligas para metalocerâmica (1950)
 - anos 70 – supervalorização do ouro (paládio)

moedas

Ligas de joalheria

Au ↑

≈ 10% Cu e/ou Ag

1907

1932 → NBS

CLASSIFICAÇÃO: 4 TIPOS

Dureza (composição)

↑ 65% Au (resistência à corrosão)

30 → CoCr

50 → metalocerâmica

70 → ↓ Au (Pd)
Ni-Cr
Co-Cr
Ti

Ligas Odontológicas - requisitos

- biocompatibilidade
- resistência a corrosão e mancharmento
- não alergênicos
- resistência mecânica
- baixo custo
- fácil manuseio
- fidelidade de reprodução

Castability

ADA (1984)

Classificação	Condições
Altamente nobre (AN)	Conteúdo de metal nobre ≥ 60% (ouro, platina, paládio) e ouro ≥ 40%
Nobre (N)	Conteúdo de metal nobre ≥ 25%* (ouro, platina, paládio)
Predominância de metais básicos (PMB)	Conteúdo de metal nobre < 25% (ouro, platina paládio)

Ligas de Ouro Tradicionais

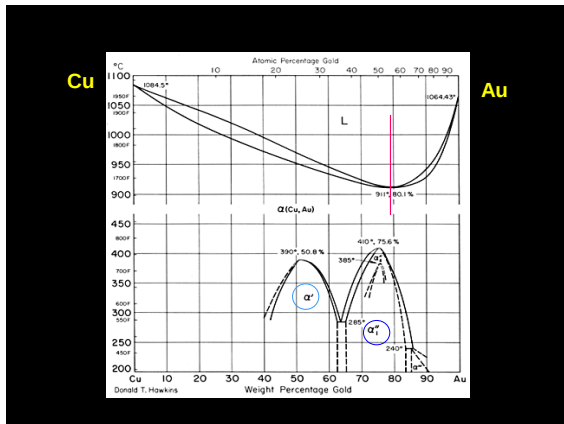
Composição e propriedades	Tipos de liga de ouro tradicionais			
	I (Macia)	II (Média)	III (Dura)	IV (Extra dura)
Composição (%)	Au	87	75	68
	Ag	11	13	12
	Cu	3	7	10
	Pd	0	2	3
	Pt	0	0	2
	Zn	1	1	2
Dureza Vickers (kgf/mm ²)**	A 80	A 101	A 138	A 144
Limite de proporcionalidade (MPa)**	-	-	E 230	E 260
Alongamento (%)**	A 80	A 140	A 180	A 270
Contração de fundição (%)	A 25	A 22	A 20	A 16
Temperatura de fusão (°C)	1.56	1.44	1.42	1.40

Ligas de Ouro Tradicionais

- excelente resistência à corrosão e mancharmento
- Cu - ↓ temperatura de fusão (melhora propriedade mecânica pós tte)
- Pd e Pt - ↑ dureza
- Ag – substituição do Au
- Zn – evita formação de óxidos

Tto Térmico das Ligas de Ouro

- Au (65-88%) – supergrade AuCu
- TTA/homogeneizador – estrutura CFC
- 700°C / 10 a 15 min → ÁGUA
- TTE – 450°C e a 250°C (30 min) – AuCu tetragonal
- ligas microgranuladas – Irídio (0,005%)



Supergrade AuCu Tetrágonos

↑ Resistência

↓ Alongamento

(III e IV)

Microgranulação

IRÍDIO

0,005%

Composição e propriedades de ligas de ouro tradicionais*

Composição e propriedades		Tipos de liga de ouro tradicionais			
		I (macia)	II (média)	III (dura)	IV (extra dura)
Composição (%)	Au	87	78	75	68
	Ag	11	13	12	15
	Cu	3	7	10	14
	Pd	0	2	3	4
	Pt	0	0	2	3
	Zn	1	1	1	2
Dureza Vickers (kgf/mm²)**		A 80	A 101	A 138	A 144
Limite de proporcionalidade (MPa)**		A 80	A 140	A 180	A 270
Alongamento (%)**		A 25	A 22	A 20	A 16
Contração de fundição (%)		1,56	1,44	1,42	1,40
Temperatura de fusão (°C)		930	900	900	870

* Os valores constantes da tabela são médias aproximadas
** A (amaciada); E (endurecida)

Ligas de Ouro Tradicionais - indicações

- Ligas tipo I e II – pequenos blocos (desuso).
- Liga tipo III – grandes blocos, coroas e próteses fixas
- Liga tipo IV – infra-estrutura de PPR, PPF extensas

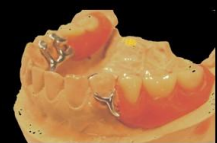
INDICAÇÃO

I e II (inlays e onlays)



• III (fixa: metaloplásticas)

• IV (PPR)



PERMILAGEM

75% Au = 750

QUILATES

75% Au = 18

Ligas Nobres com Baixo Conteúdo de Ouro

↑ resistência à corrosão
↑ dureza

Liga	Composição (%)				
	Au	Ag	Cu	Pd	Outros (In,Zn,Sn)
Tipo III (Baixo Au)	46	39	8	6	-
Tipo III (Baixo Au)*	40	44	5	8	-
Tipo III (Ag-Pd)	-	70	-	25	-
Tipo IV (Ag-Pd)	15	45	14	25	-

LIGAS DE

↓Au e
de Pd (1,85×)

(ligas de metais nobres)

Com menos Pd (< 1000°C)

FONTE DE
CALOR/REVESTIMENTO

AR ← → O₂**Ligas Nobres com Baixo Conteúdo de Ouro**

Propriedade	Tipo III (Baixo Au)	Tipo III (Baixo Au)*	Tipo III (Ag-Pd)	Tipo IV (Ag-Pd)
Temp. fusão final (°C)	916	980	1099	1021
Densidade (g/cm³)	12,8	12,5	10,8	11,3
Limite de escoamento (MPa)	A** 240	249	262	434
	E** 596	451	323	596
Dureza Vickers (kgf/mm²)	A** 138	137	143	180
	E** 231	223	154	270
Alongamento (%)	A** 30	11	10	10
	E** 13	3	8	6

- PPF
- Blocos
- Metaloplásticas
- tipo IV para PPR

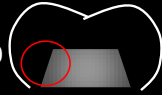
PROPRIEDADES → INDICAÇÕES:

Alternativas para clássicas

III e IV

Ligas Altamente Nobres e Nobre para Metalocerâmica

Propriedades: MPa30



- alta resistência de união com porcelana;
- CETL compatível
- Temperatura de fusão > porcelana

Ligas Altamente Nobres e Nobre para Metalocerâmica

Nobreza	Composição (% em peso)					Cor					
	Au	Ag	Sn, Ir, Fe								
Altamente nobre	Propriedade					Altamente nobre		Nobre			
	Temp. fusão inicial (°C)					1065	1170	1150	1235	1270	1175
	Coeficiente de expansão térmica (25-600°C)/C°(x10 ⁶)					14,8	14,7	14,0	13,8	14,0	15,2
	Peso específico					18,5	17,5	18,0	14,5	11,0	11,4
	Dureza Vickers (kgf/mm ²)					A* 155	170	200	200	235	160
Nobre	Limite de escoamento (MPa)					A* 185	185	240	235	-	300
	Alongamento (%)					A* 400	413	470	425	474	340
Altamente nobre						A* 490	504	580	545	-	650
						A* 8	10	7	23	30	29
Nobre						E* 6	-	3	18	-	8
						* A (amacida); E (endurecida)					

Ligas Básicas para PPR

Liga	Composição (%)
Co-Cr	Co:65-67; Cr:24-27; Mo:4-8; Si:0,1-0,8; Fe:0,1-2,0; Mn:0,0-0,4; C:0,2-0,4
Co-Cr-Ni	Co:36-67; Cr:23-27; Ni:2-36; Mo:0-6; Mn:0,3-0,6; Si:0,2-0,6; Fe:0,5-1,0; C:0,2-0,4
Ti(cp)	Ti: (Comercialmente puro – graus 1 a 4) O:0,18-0,40; N:0,03-0,05; H:0,015-0,020; Fe:0,2-0,5; C:0,1
Ligas de Ti	Ti-6 Al-4V; Ti- 15 V; Ti-13Nb-13Zr

Ligas Básicas para PPR

Propriedade	Liga			
	Co-Cr	Co-Cr-Ni	Ti(cp)	Ti-6Al-4V
Temperatura fusão inicial (°C)	1400	1300	1668	1760
Dureza Vickers (kgf/mm ²)	430	280	180	300
Limite de escoamento (MPa)	600	470	330	700
Alongamento (%)	2	8	15	5
Módulo de elasticidade (GPa)	220	200	100	115
Peso específico (g/cm ³)	8,4	8,0	4,5	-