

Engenharia de Materiais

Segundo Morris Cohen, conceituado cientista de materiais do não menos conceituado Massachusetts Institute of Technology (MIT), *materiais* são substâncias com propriedades que as tornam úteis na construção de máquinas, estruturas, dispositivos e produtos. Em outras palavras, os materiais do universo que o homem utiliza para “fazer coisas”.

Os materiais sólidos são freqüentemente classificados em três grupos principais: materiais metálicos, materiais cerâmicos e materiais poliméricos ou plásticos. Esta classificação é baseada na estrutura atômica e nas ligações químicas predominantes em cada grupo. Um quarto grupo, que foi incorporado nesta classificação nas últimas décadas, é o grupo dos materiais compósitos.

CLASSIFICAÇÃO CLÁSSICA DOS MATERIAIS:

- Metais e Ligas;**
- Polímeros;**
- Cerâmicas;**
- Compósitos;**

Materiais metálicos

Os materiais metálicos são normalmente combinações de elementos metálicos. Eles apresentam um grande número de elétrons livres, isto é, elétrons que não estão presos a um único átomo. Muitas das propriedades dos metais são atribuídas a estes elétrons. Por exemplo, os metais são excelentes condutores de eletricidade e calor e não são transparentes à luz. A superfície dos metais, quando polida, reflete eficientemente a luz. Eles são resistentes mas deformáveis. Por isto são muito utilizados em aplicações estruturais.

Materiais cerâmicos

Os materiais cerâmicos são normalmente combinações de metais com elementos não metálicos. Os principais tipos são: óxidos, nitretos e carbonetos. A esse grupo de materiais também pertencem os argilo-minerais, o cimento e os vidros. Do ponto de vista de ligações químicas, eles podem ser desde predominantemente iônicos até predominantemente covalentes. Eles são tipicamente isolantes térmicos e elétricos. São também mais resistentes à altas temperaturas e a ambientes corrosivos que os metais e polímeros. Eles são muito duros, porém frágeis.

Materiais poliméricos

Os polímeros são constituídos de macromoléculas orgânicas, sintéticas ou naturais. Os plásticos e borrachas são exemplos de polímeros sintéticos, enquanto o couro, a seda, o chifre, o algodão, a lã, a madeira e a borracha natural são constituídos de macromoléculas orgânicas naturais.

Os polímeros são baseados nos átomos de carbono, hidrogênio, nitrogênio, oxigênio, flúor e em outros elementos não metálicos. A ligação química entre átomos da cadeia é covalente, enquanto a ligação intercadeias é fraca, secundária, geralmente dipolar.

Os materiais poliméricos são geralmente leves, isolantes elétricos e térmicos, flexíveis e apresentam boa resistência à corrosão e baixa resistência ao calor.

Materiais compósitos

Os materiais compósitos são materiais projetados de modo a conjugar características desejáveis de dois ou mais materiais.

Um exemplo típico é o compósito de fibra de vidro em matriz polimérica. A fibra de vidro confere resistência mecânica, enquanto a matriz polimérica, na maioria dos casos constituída de resina epoxídica, é responsável pela flexibilidade do compósito.

A matriz pode ser polimérica, metálica ou cerâmica. O mesmo vale para o reforço, que pode estar na forma de dispersão de partículas, fibras, bastonetes, lâminas ou plaquetas.

Os *materiais compósitos* são também conhecidos como *materiais conjugados* ou *materiais compostos*.

A madeira é um material compósito natural, em que a matriz e o reforço são poliméricos. O concreto é outro compósito comum. Neste caso, tanto a matriz como o reforço são materiais cerâmicos. No concreto, a matriz é cimento Portland e o reforço é constituído de 60 a 80% em volume de um agregado fino (areia) e de um agregado grosso (pedregulho). O concreto pode ainda ser reforçado com barras de aço.

Tabela Periódica

GRUPO

123456789101112131415161718

PERÍODO

1

2

3

4

5

6

7

1

H

hidrogênio

1,008

3

Li

lítio

6,94

11

Na

sódio

22,990

19

K

potássio

39,098

37

Rb

rubídio

85,468

55

Cs

césio

132,91

87

Fr

frâncio

[223]

4

Be

berílio

9,0122

12

Mg

magnésio

24,305

20

Ca

cálcio

40,078(4)

38

Sr

estrôncio

87,62

56

Ba

bário

137,33

88

Ra

rádio

[226]

21

Sc

escândio

44,956

39

Y

ítrio

88,906

57 - 71

89 - 103

22

Ti

titânio

47,867

40

Zr

zircônio

91,224(2)

72

Hf

háfnio

178,49(2)

104

Rf

rutherfordio

[267]

23

V

vanádio

50,942

41

Nb

nióbio

92,906

73

Ta

tântalo

180,95

105

Db

dúbnio

[268]

24

Cr

crômio

51,996

42

Mo

molibdênio

95,95

74

W

tungstênio

183,84

106

Sg

seabórgio

[269]

25

Mn

manganês

54,938

43

Tc

tecnécio

[98]

75

Re

rênio

186,21

107

Bh

bóhrio

[270]

26

Fe

ferro

55,845(2)

44

Ru

rutênio

101,07(2)

76

Os

ósmio

190,23(3)

108

Hs

hássio

[269]

27

Co

cobalto

58,933

45

Rh

ródio

102,91

77

Ir

irídio

192,22

109

Mt

meitnério

[278]

28

Ni

níquel

58,693

46

Pd

paládio

106,42

78

Pt

platina

195,08

110

Ds

darmstádio

[281]

29

Cu

cobre

63,546(3)

47

Ag

prata

107,87

79

Au

ouro

196,97

111

Rg

roentgênio

[281]

30

Zn

zinco

65,38(2)

48

Cd

cádmio

112,41

80

Hg

mercúrio

200,59

112

Cn

copernício

[285]

31

Ga

gálio

69,723

49

In

índio

114,82

81

Tl

tálio

204,38

113

Nh

nihônio

[286]

32

Ge

germânio

72,630(8)

50

Sn

estanho

118,71

82

Pb

chumbo

207,2

114

Fl

fleróvio

[289]

33

As

arsênio

74,922

51

Sb

antimônio

121,76

83

Bi

bismuto

208,98

115

Mc

moscóvio

[288]

34

Se

selênio

78,971(8)

52

Te

telúrio

127,60(3)

84

Po

polônio

[209]

116

Lv

livermório

[293]

35

Br

bromo

79,904

53

I

iodo

126,90

85

At

astato

[210]

117

Ts

tenessino

[294]

36

Kr

criptônio

83,798(2)

54

Xe

xenônio

131,29

86

Rn

radônio

[222]

118

Og

oganessônio

[294]

57

La

lantânio

138,91

58

Ce

cério

140,12

59

Pr

praseodímio

140,91

60

Nd

neodímio

144,24

61

Pm

promécio

[145]

62

Sm

samário

150,36(2)

63

Eu

europio

151,96

64

Gd

gadolínio

157,25(3)

65

Tb

térbio

158,93

66

Dy

disprósio

162,50

67

Ho

hólmio

164,93

68

Er

érbio

167,26

69

Tm

túlio

168,93

70

Yb

itérbio

173,05

71

Lu

lutécio

174,97

89

Ac

actínio

[227]

90

Th

tório

232,04

91

Pa

protactínio

231,04

92

U

urânio

238,03

93

Np

netúnio

[237]

94

Pu

plutônio

[244]

95

Am

amerício

[243]

96

Cm

cúrio

[247]

97

Bk

berquélio

[247]

98

Cf

califórnio

[251]

99

Es

einstênio

[252]

100

Fm

férmio

[257]

101

Md

mendelévio

[258]

102

No

nobélio

[259]

103

Lr

laurêncio

[262]

número atômico

símbolo químico

nome

peso atômico
(ou número de massa do isótopo mais estável)

3

Li

lítio

[6,938 - 6,997]

Fonte: [2]

Fonte: [2]

| | | | | |
|--|--|--|---|---|
|  Não metais |  Metais alcalinos |  Semimetais |  Outros metais |  Lantanídeos |
|  Gases nobres |  Metais alcalino-terrosos |  Halogênios |  Metais de transição |  Actinídeos |

Ligações Químicas Primárias:

- Iônica;**
- Covalente ;**
- Metálica;**

Ligações Químicas Secundárias:

- Forças de van der Waals;**

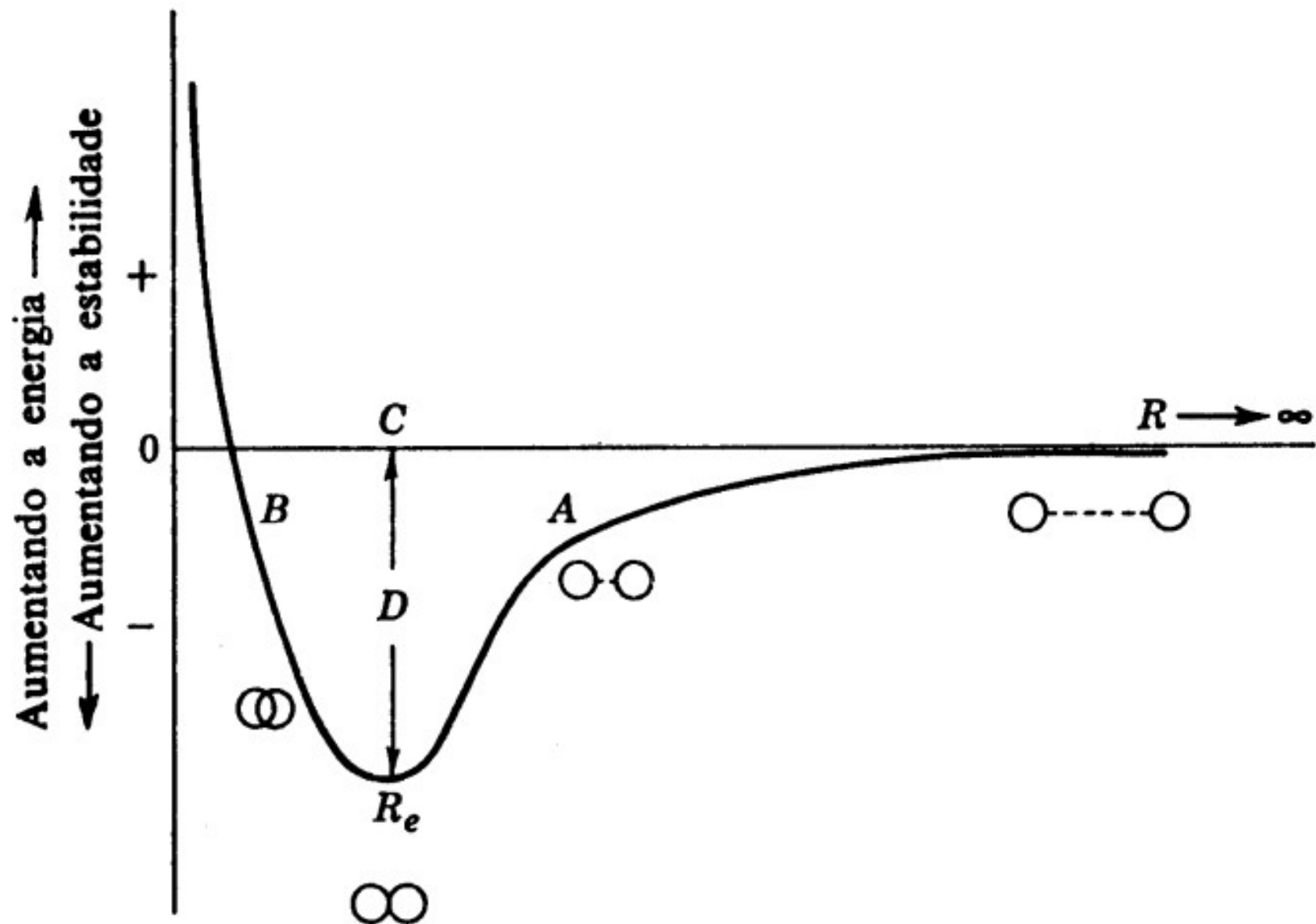


Figura 3.1 — Diagrama de energia potencial para uma molécula diatômica.

Ligação Iônica

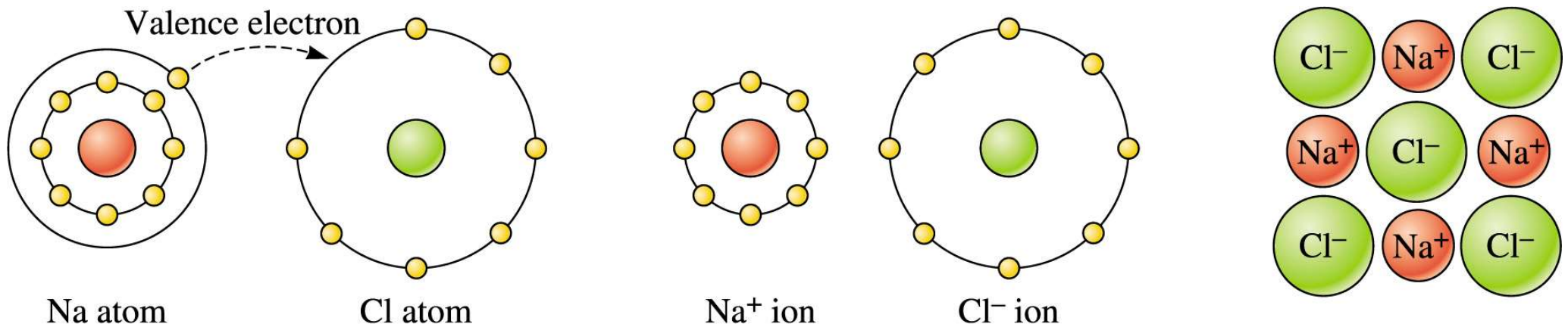


Figure 2-12 An ionic bond is created between two unlike atoms with different electronegativities. When sodium donates its valence electron to chlorine, each becomes an ion; attraction occurs, and the ionic bond is formed.

Ligação Covalente

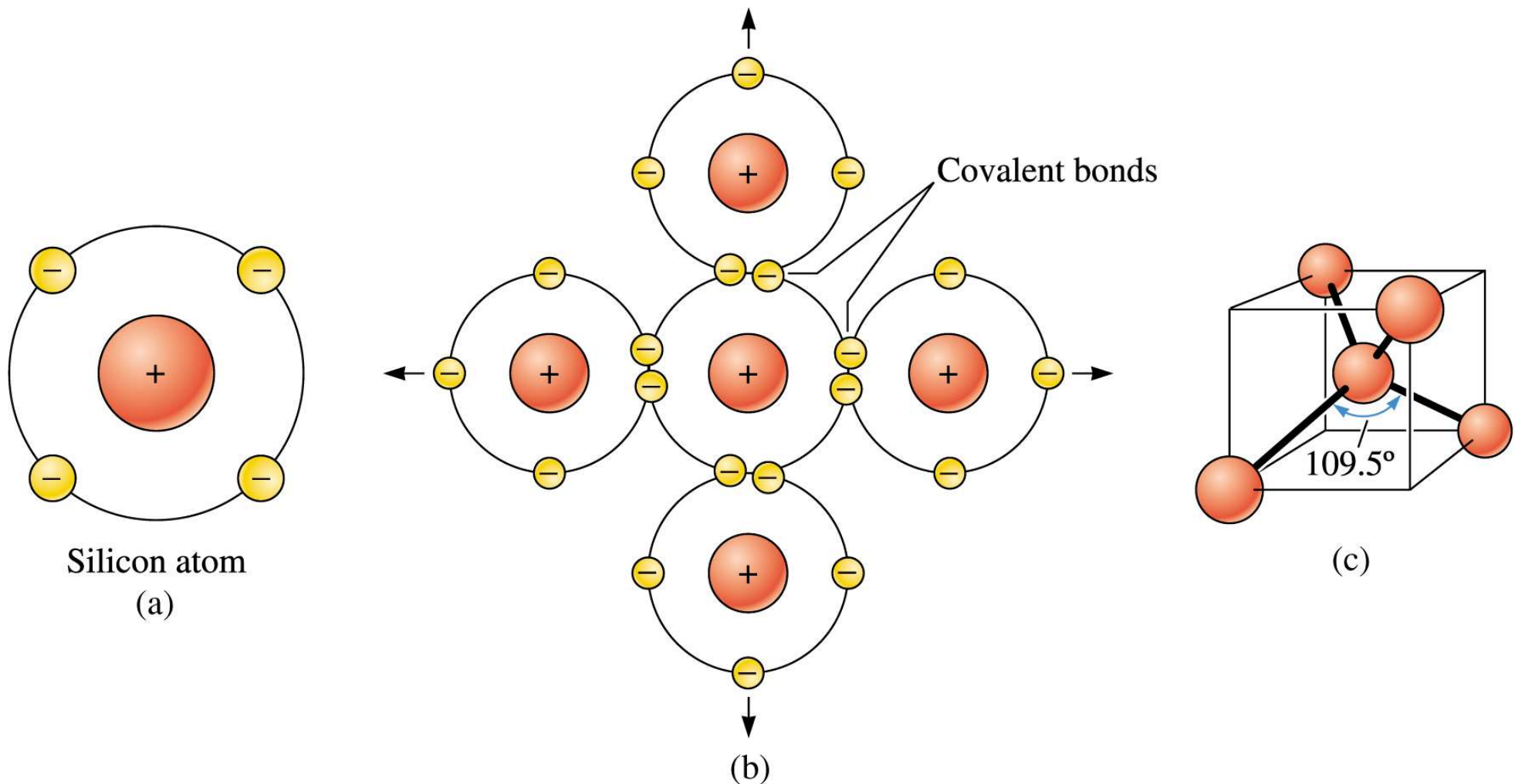


Figure 2-10 (a) Covalent bonding requires that electrons be shared between atoms in such a way that each atom has its outer sp orbital filled. (b) In silicon, with a valence of four, four covalent bonds must be formed. (c) Covalent bonds are directional. In silicon, a tetrahedral structure is formed, with angles of 109.5° required between each covalent bond. Fonte: [3].2]

Ligação Metálica

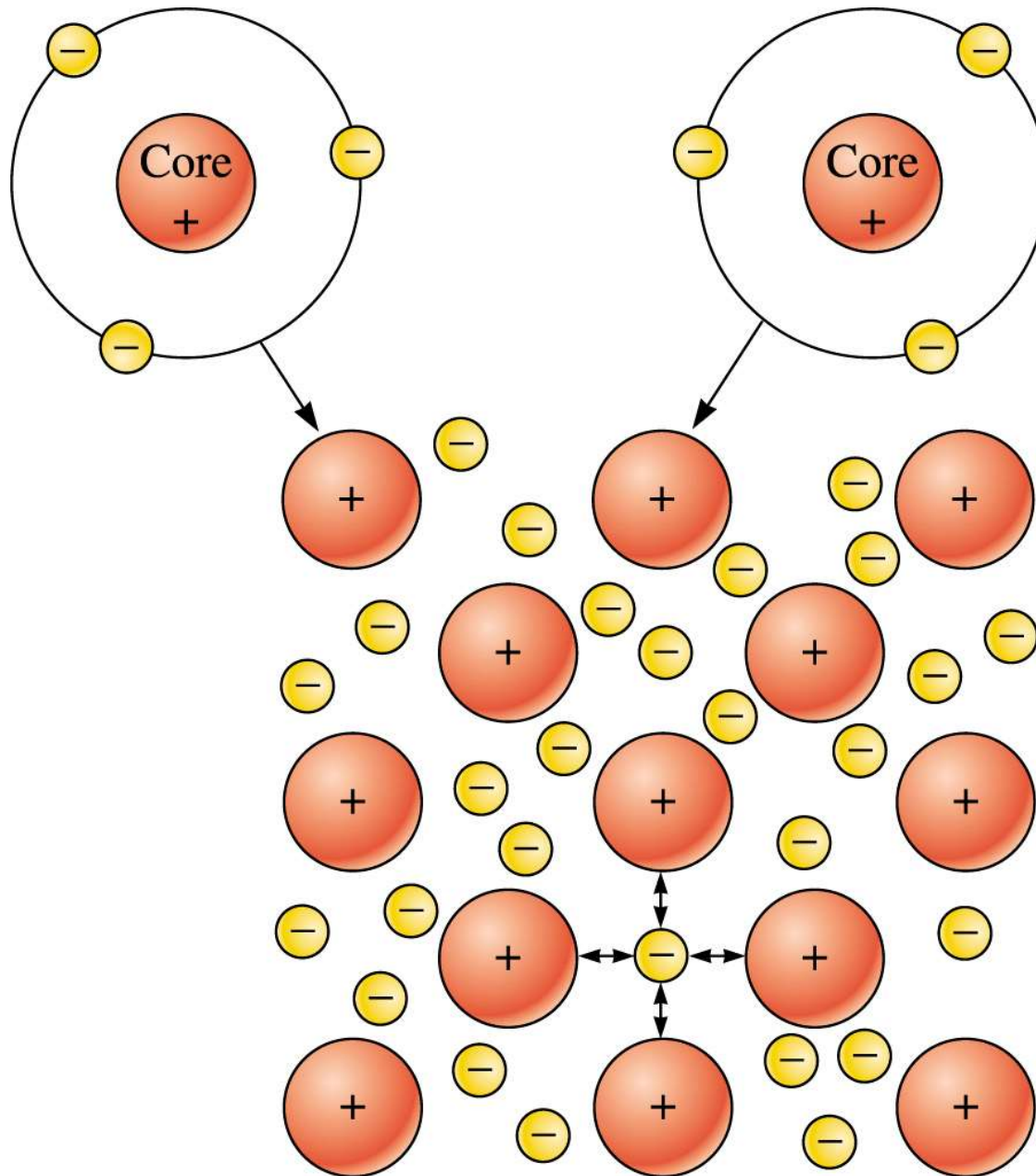


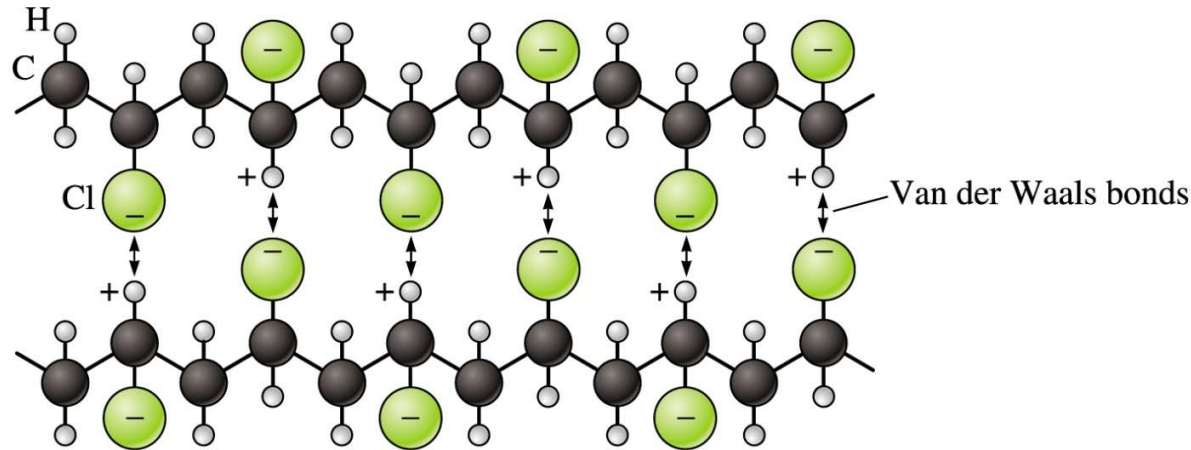
Figure 2-9

The metallic bond forms when atoms give up their valence electrons, which then form an electron sea. The positively charged atom cores are bonded by mutual attraction to the negatively charged electrons.

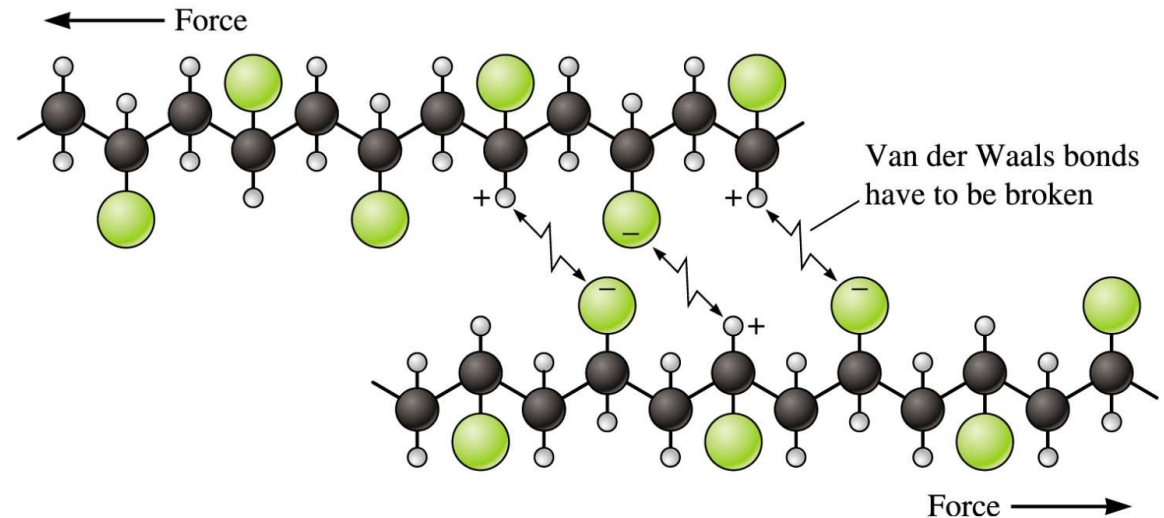
Fonte: [3].²

Forças de van der Waals

(a)



(b)



Fonte: [3]

Figure 2-15 (a) In polyvinyl chloride (PVC), the chlorine atoms attached to the polymer chain have a negative charge and the hydrogen atoms are positively charged. The chains are weakly bonded by van der Waals bonds. This additional bonding makes PVC stiffer. (b) When a force is applied to the polymer, the van der Waals bonds are broken and the chains slide past one another.

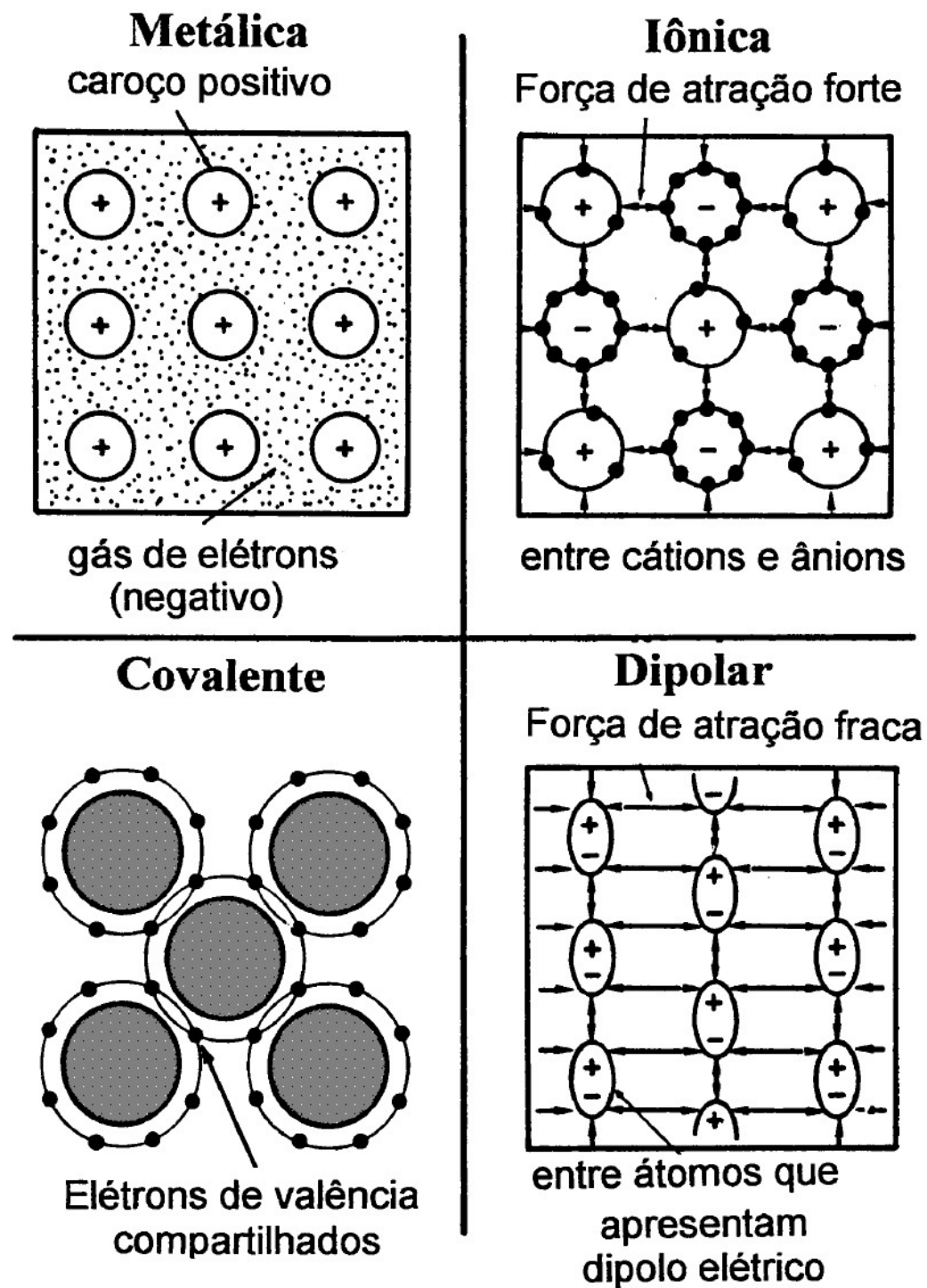


Figura 3.9 — Os principais tipos de ligação (segundo G. Ondracek).

LIGAÇÕES QUÍMICAS X TIPOS DE MATERIAIS

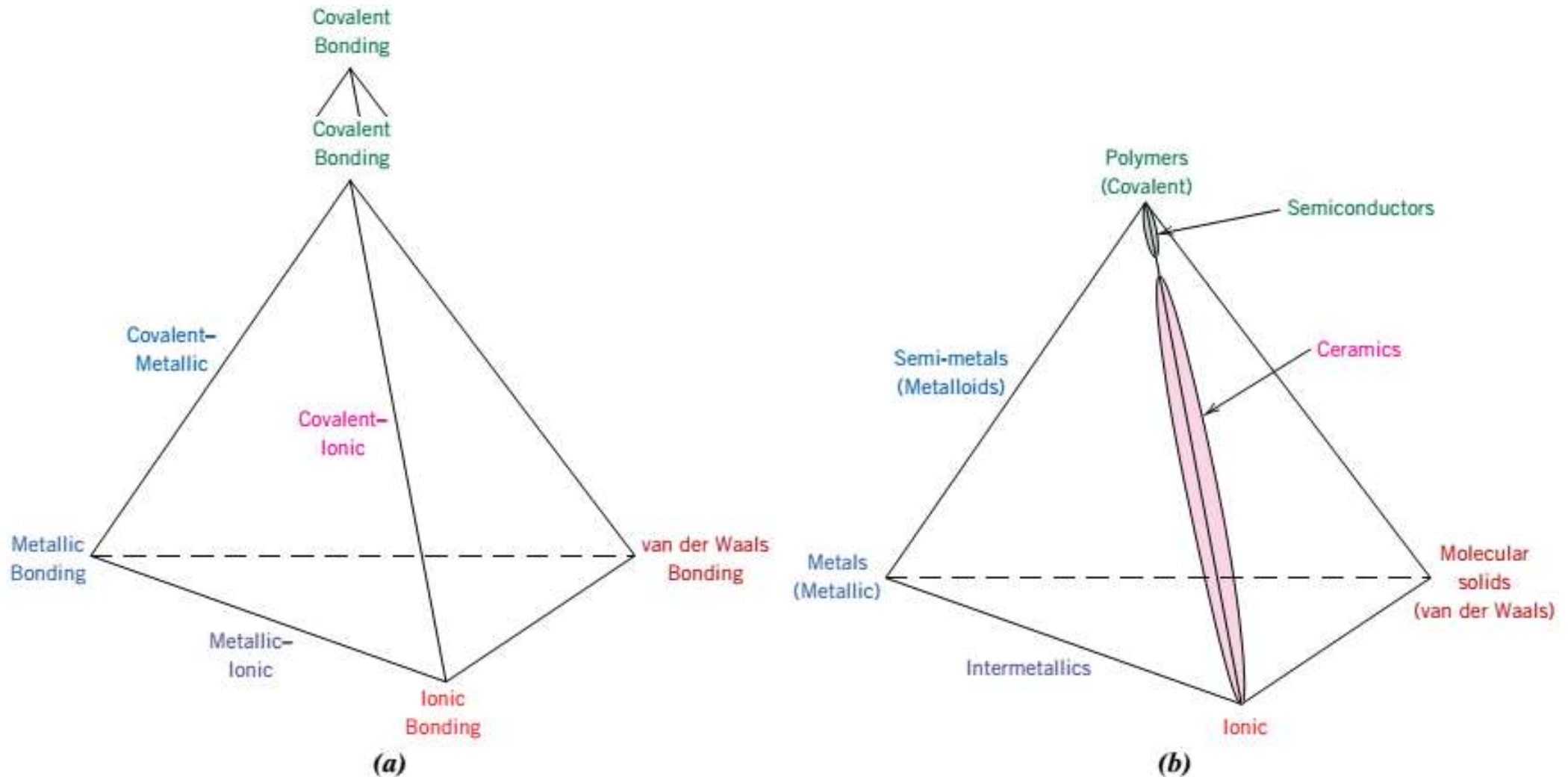


Figure 2.25 (a) Bonding tetrahedron: Each of the four extreme (or pure) bonding types is located at one corner of the tetrahedron; three mixed bonding types are included along tetrahedron edges. (b) Material-type tetrahedron: correlation of each material classification (metals, ceramics, polymers, etc.) with its type(s) of bonding.

Engenharia de Materiais

Conceituação de ciência e engenharia de materiais

A ciência dos materiais se ocupa com as relações entre a microestrutura e as propriedades dos materiais. O núcleo desta ciência é o estudo da microestrutura dos materiais.

Erhard Hornbogen
Universidade do Ruhr de Bochum

Ciência e Engenharia de Materiais (CEM) é a área da atividade humana associada com a geração e com a aplicação de conhecimentos que relacionem composição, estrutura e processamento às suas propriedades e usos.

Morris Cohen
MIT,

Engenharia de Materiais

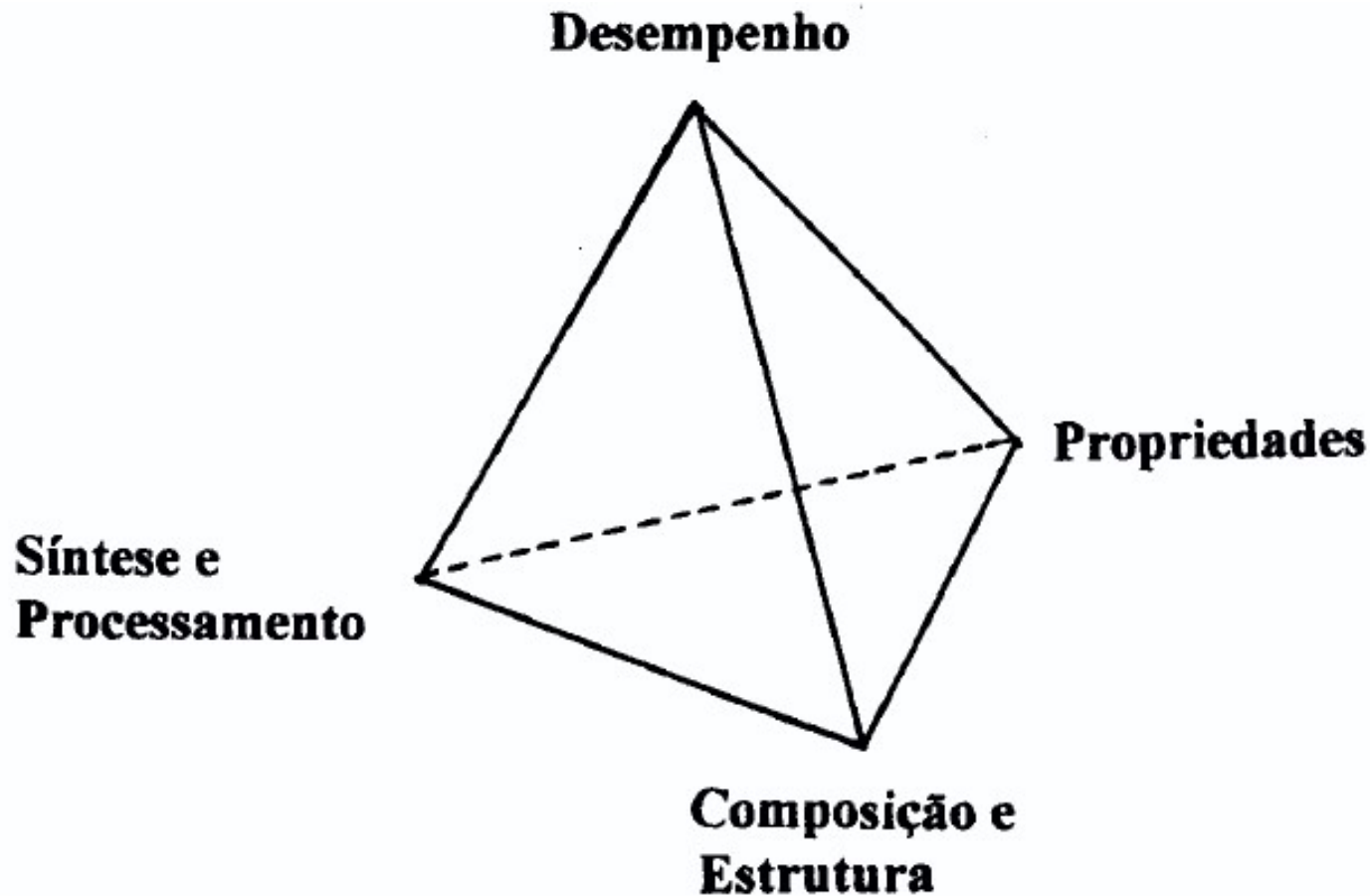
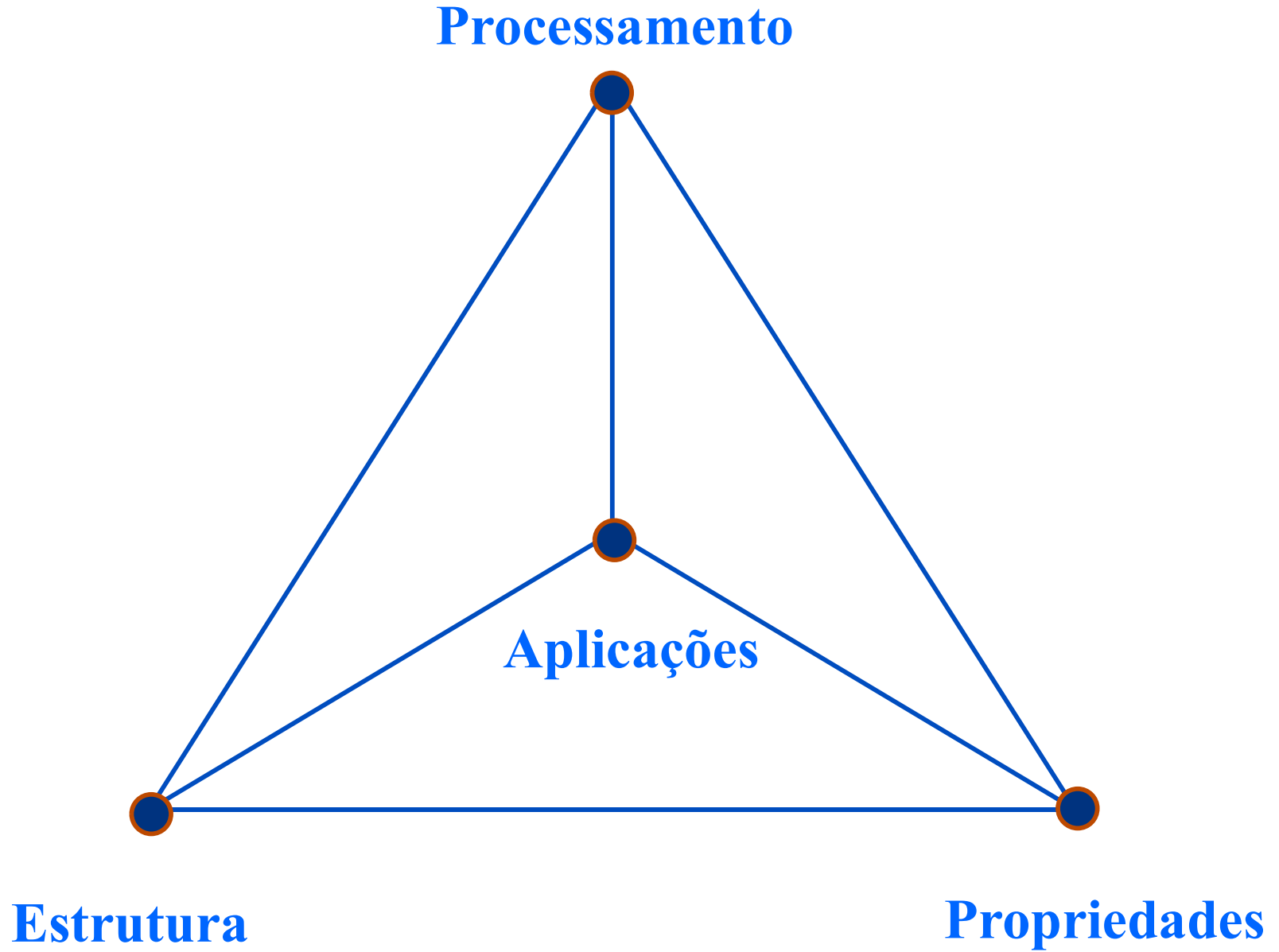


Figura 1.3 — Representação da CEM com auxílio de um tetraedro.

Engenharia de Materiais

A Engenharia de Materiais é área do conhecimento humano que está relacionada à pesquisa, ao desenvolvimento, à produção e à aplicação, tanto dos novos materiais quanto dos materiais tradicionais, fazendo um estudo das relações entre:

ESTRUTURA-PROPRIEDADES-
PROCESSAMENTO-APLICAÇÕES.



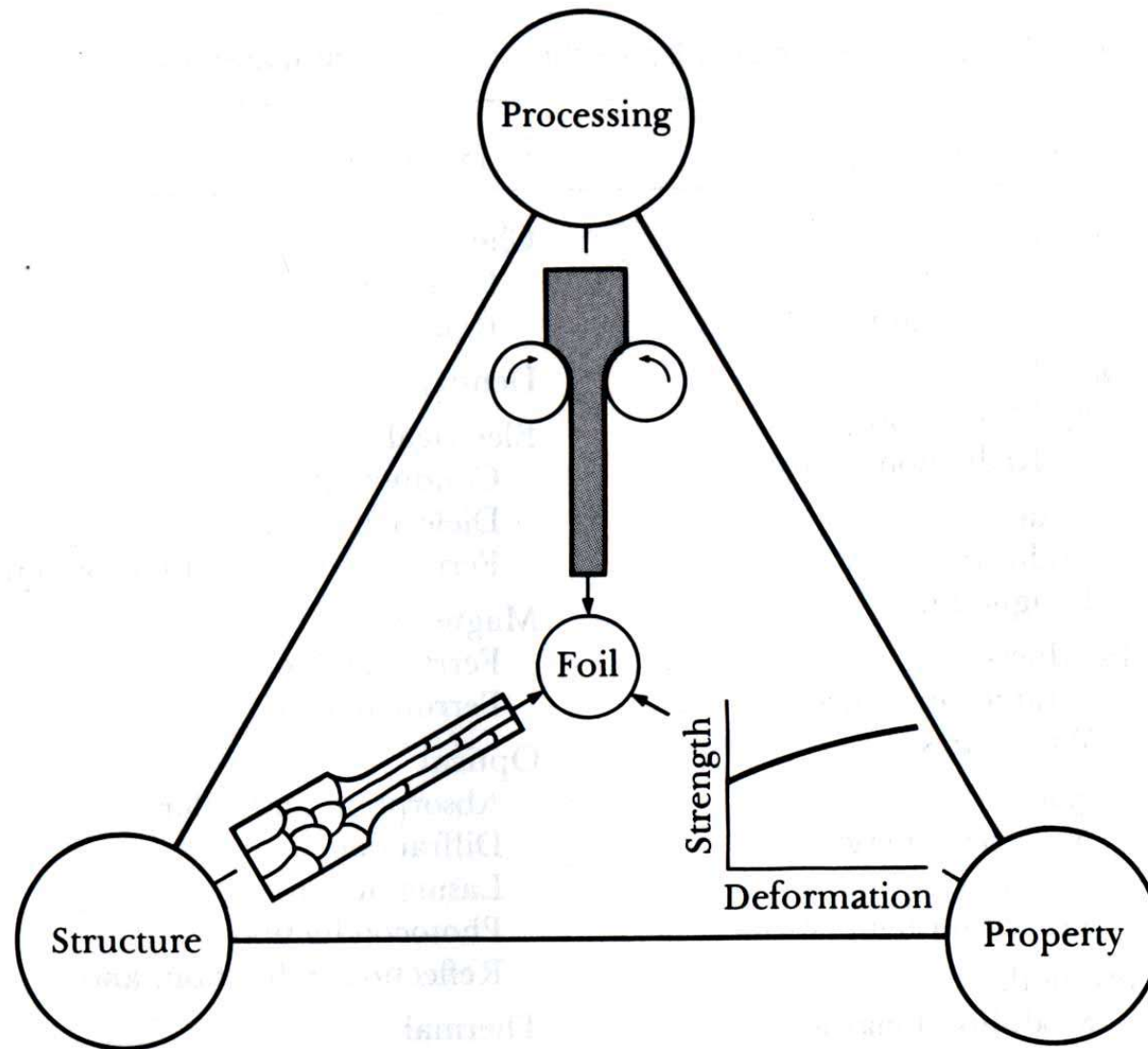


FIGURE 1-9 The three-part relationship between structure, properties, and processing method. When aluminum is rolled into foil, the rolling process changes the metal's structure and increases its strength.

Estrutura

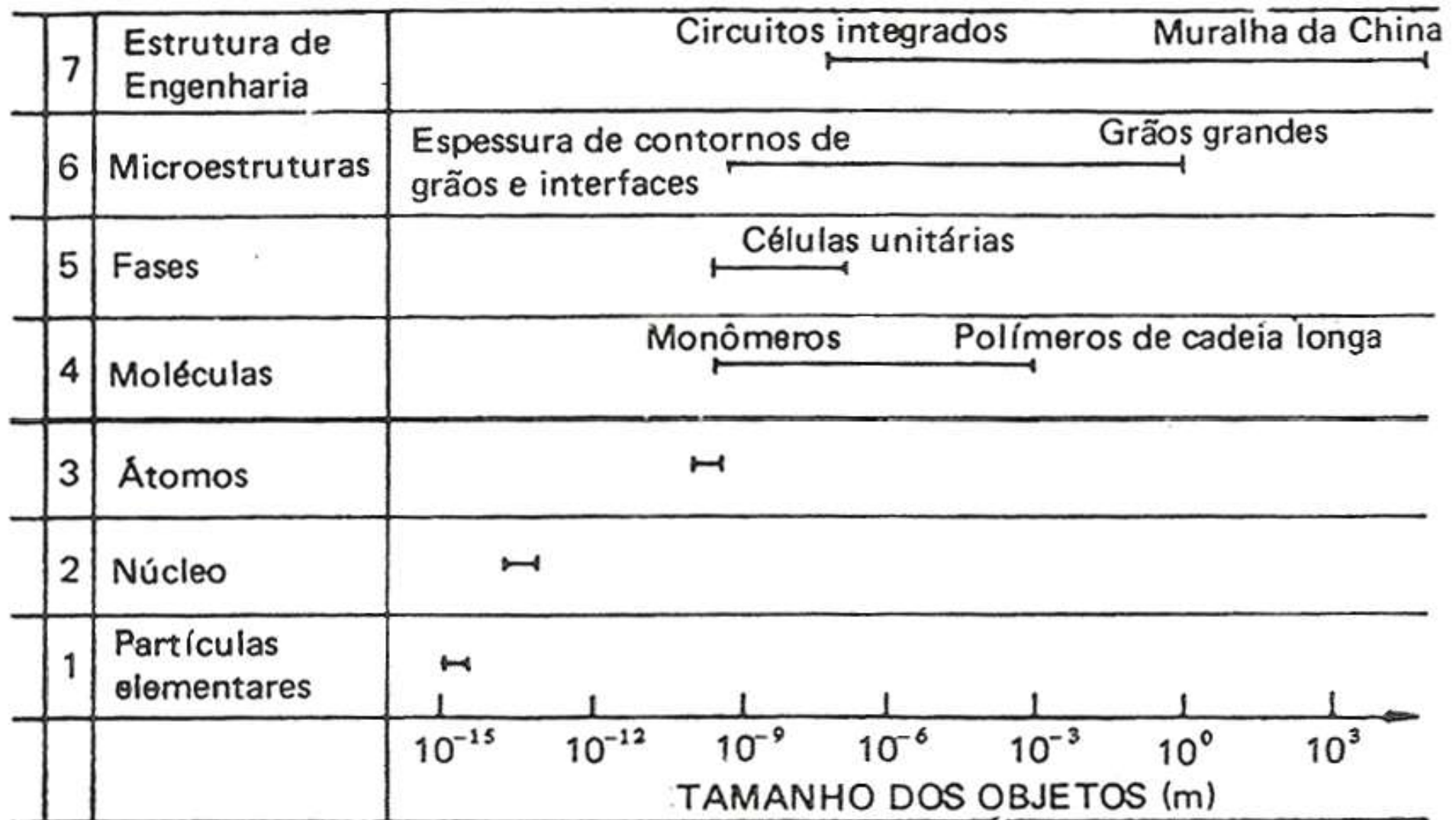
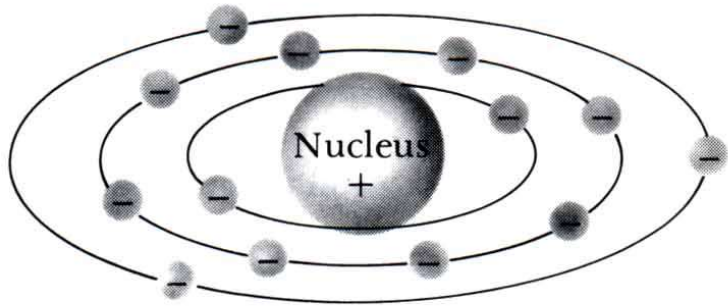
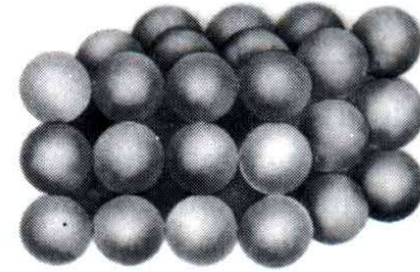


Fig. 1.1 Classificação das estruturas.

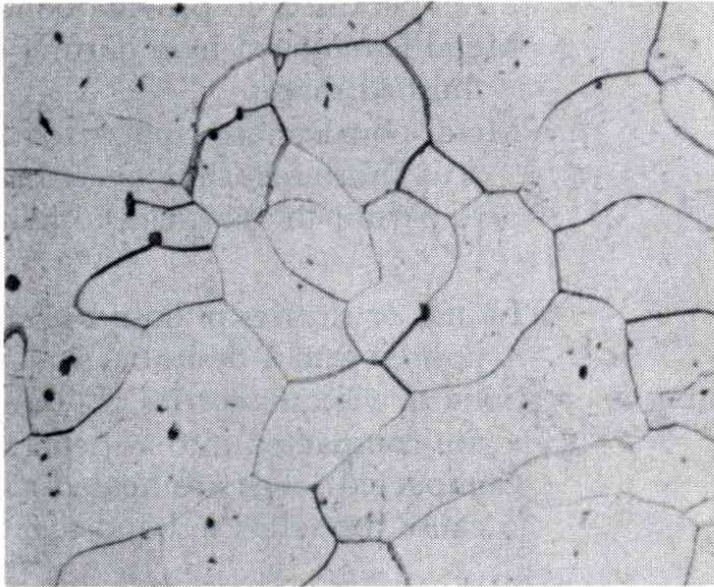
Estrutura



(a)



(b)



(c)



(d)

FIGURE 1-10 Four levels of structure in a material. (a) Atomic structure, (b) crystal structure, (c) grain structure in iron ($\times 100$) (d) multiple-phase structure in white cast iron ($\times 200$).

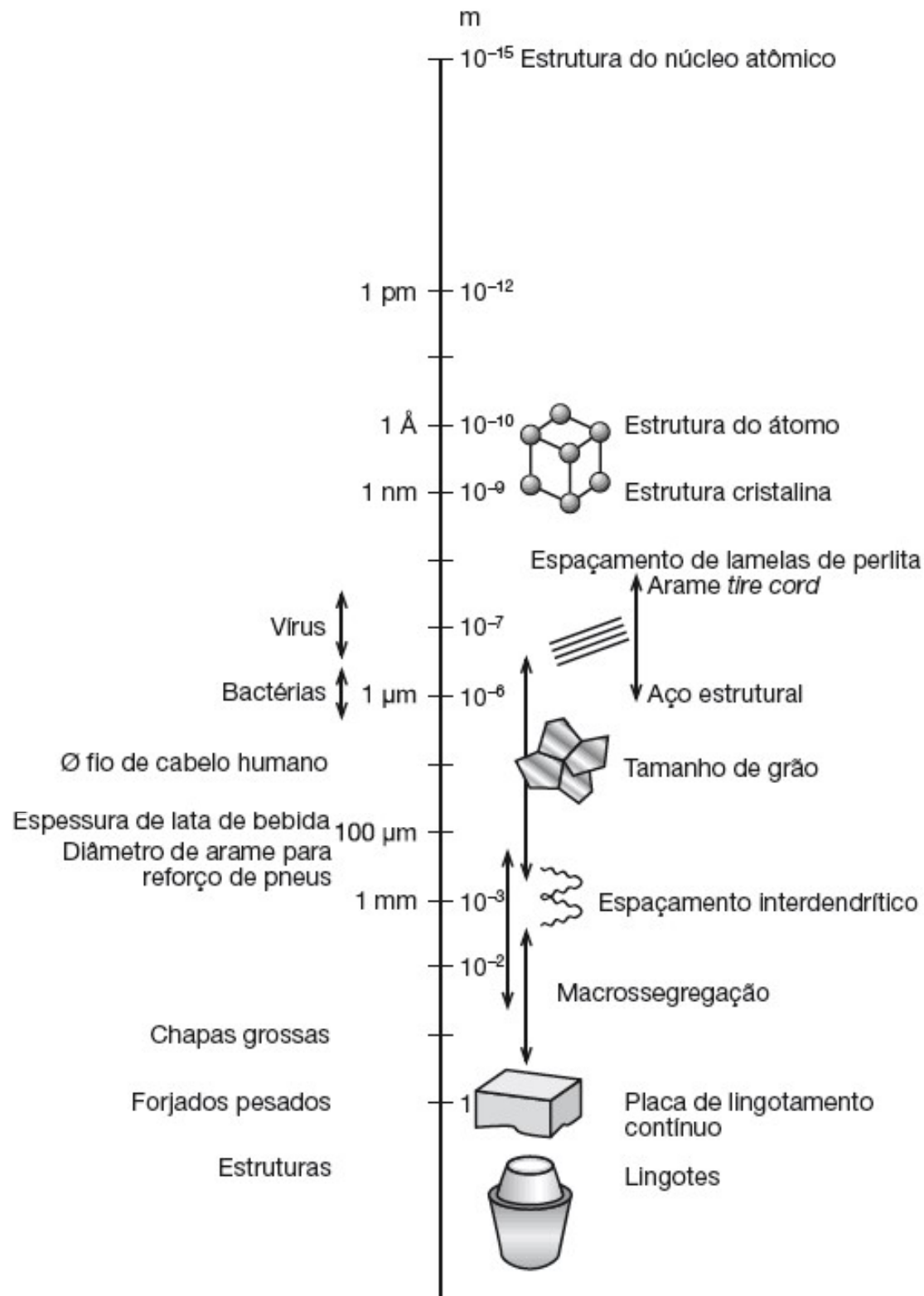
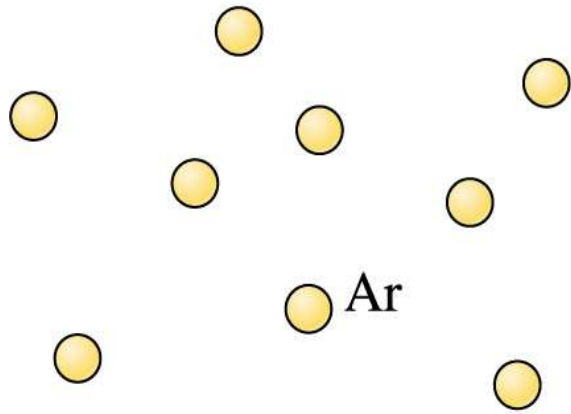
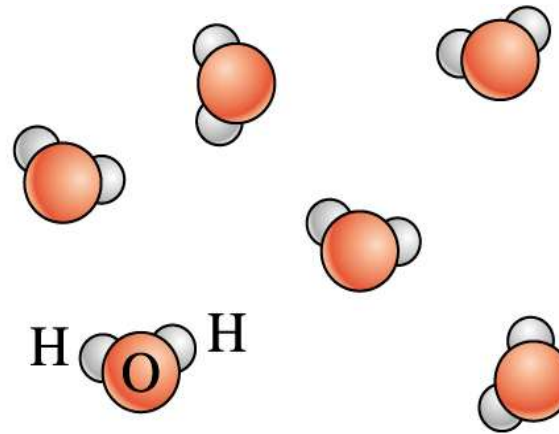


Figura 1.1

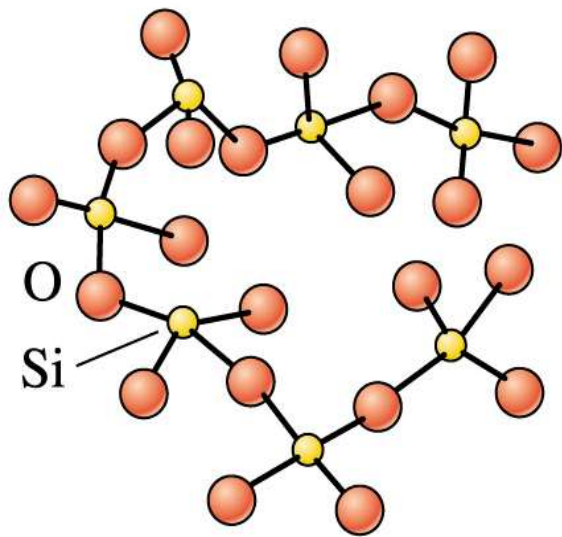
Diferentes escalas em que a estrutura dos materiais se desenvolve. No lado esquerdo, são incluídas as dimensões aproximadas de alguns objetos, para referência.



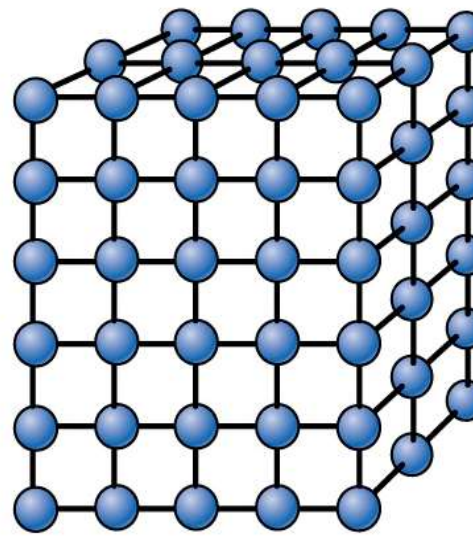
(a)



(b)



(c)



(d)

Figure 3-1

Levels of atomic arrangements in materials: (a) Inert monoatomic gases have no regular ordering of atoms. (b,c) Some materials, including water vapor, nitrogen gas, amorphous silicon and silicate glass have short-range order. (d) Metals, alloys, many ceramics and some polymers have regular ordering of atoms/ions that extends through the material.

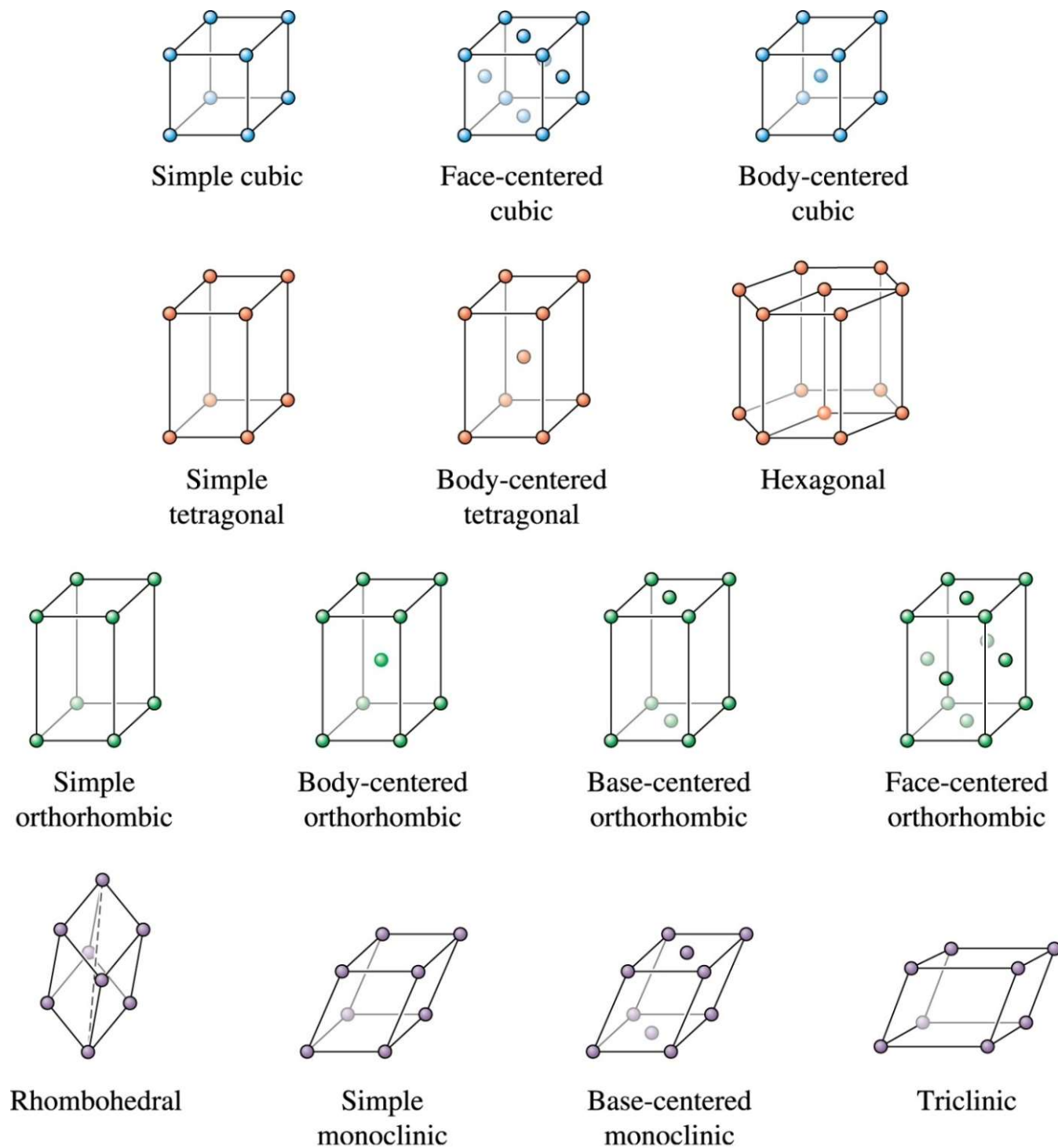


Figure 3-5 The fourteen types of Bravais lattices grouped in seven crystal systems. The actual unit cell for a hexagonal system is shown in Figures 3-6 and 3-10.

Estruturas Cristalinas

M

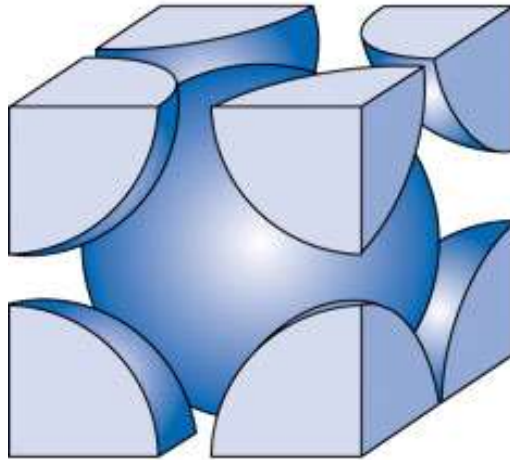
e

t

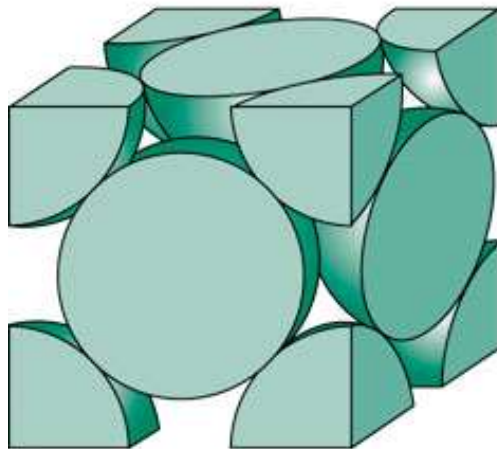
a

i

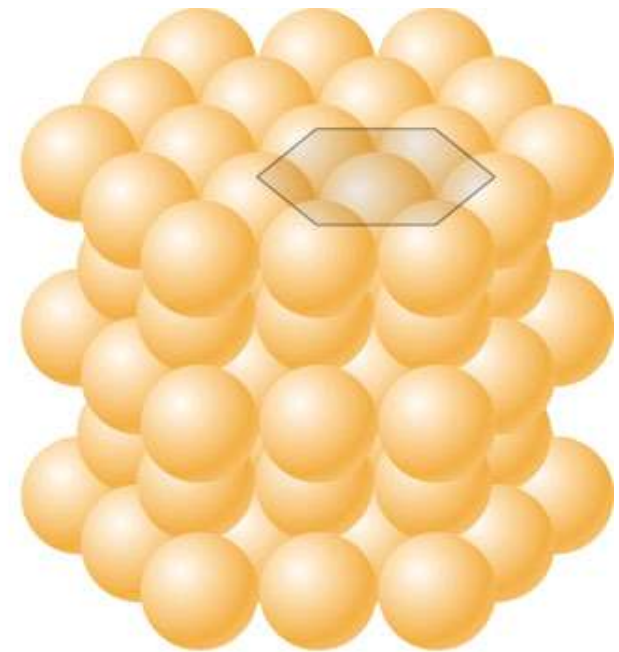
S



Cúbica de corpo centrado-CCC



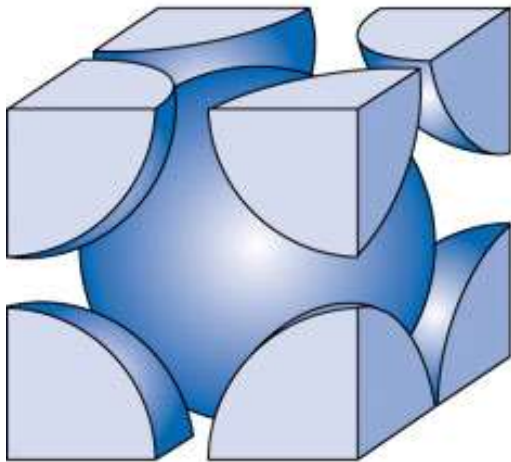
Cúbica de face centrada-CFC



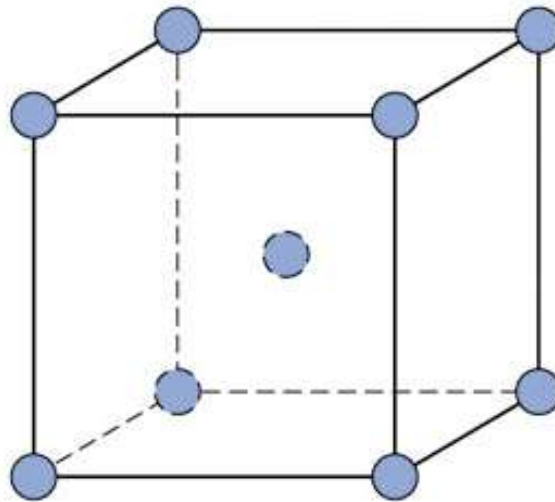
Hexagonal Compacta-HC

Estruturas Cristalinas

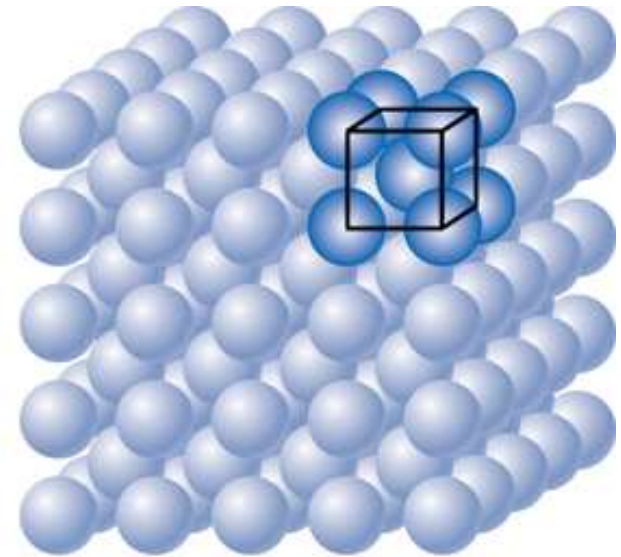
Cúbicas



(a)



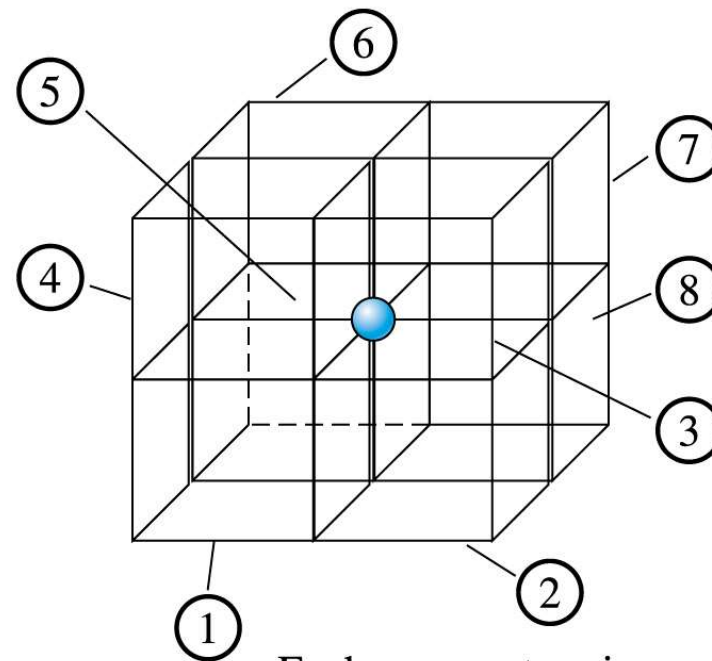
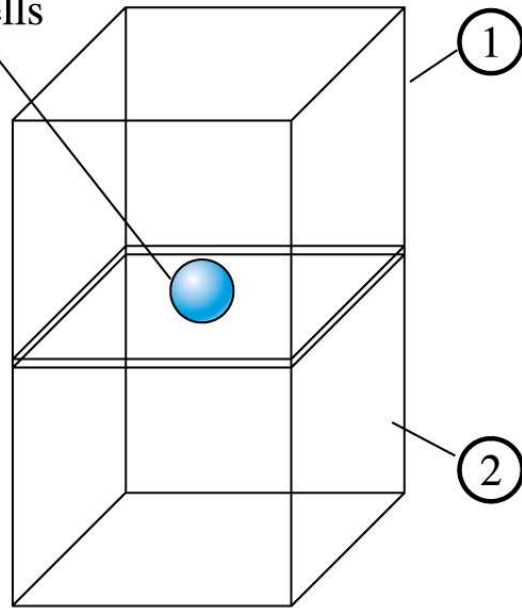
(b)



(c)

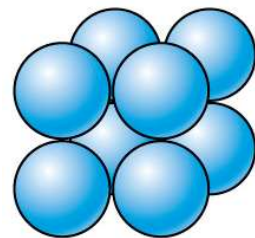
Cúbica de corpo centrado-CCC

Face center atom
shared between
two unit cells

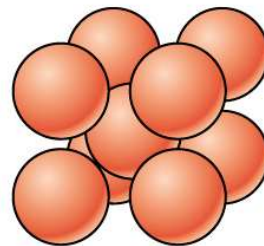


Each corner atom is
shared by 8 unit cells
(1-4 in front, 5-8 in back)

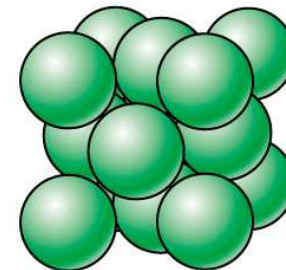
(a)



Simple cubic



Body-centered
cubic



Face-centered
cubic

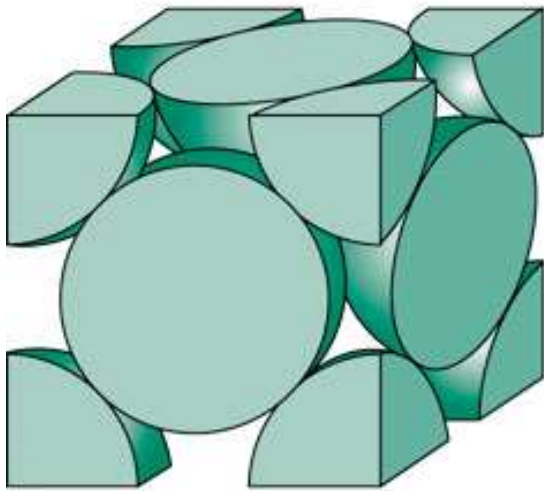
(b)

Fonte: [3]

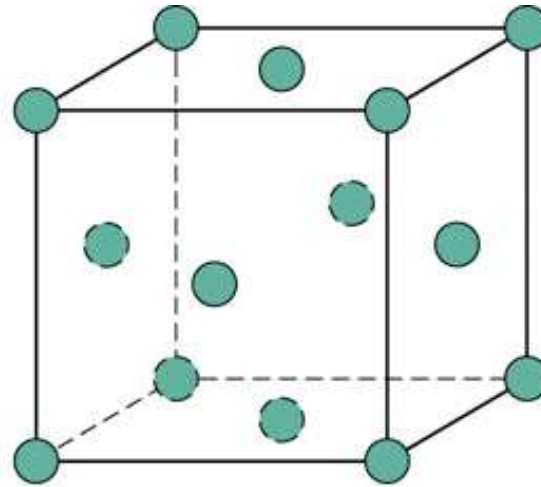
Figure 3-7 (a) Illustration showing sharing of face and corner atoms. (b) The models for simple cubic (SC), body-centered cubic (BCC), and face-centered cubic (FCC) unit cells, assuming only one atom per lattice point.

Estruturas Cristalinas

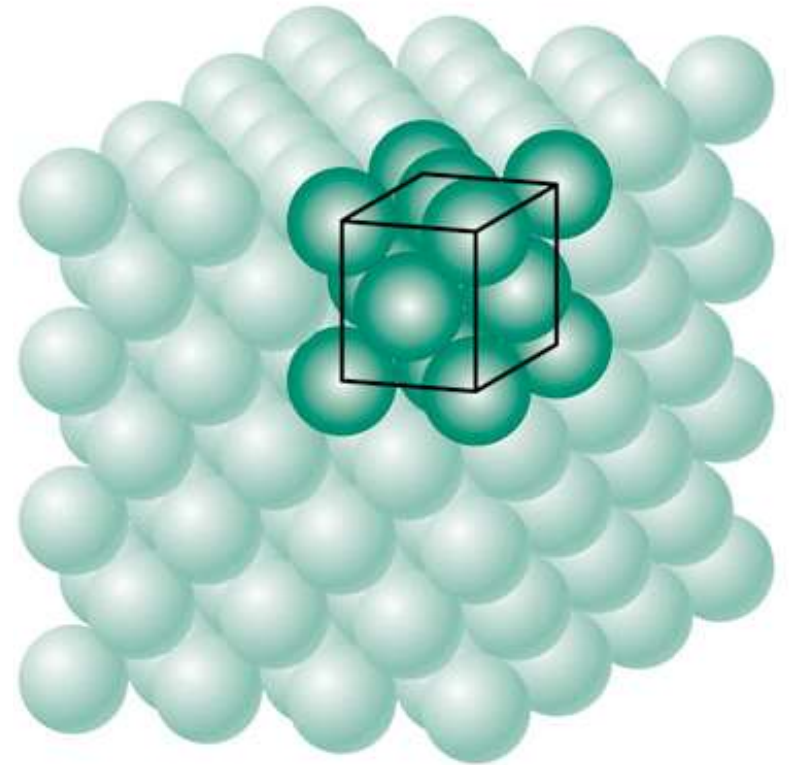
Cúbicas



(a)



(b)

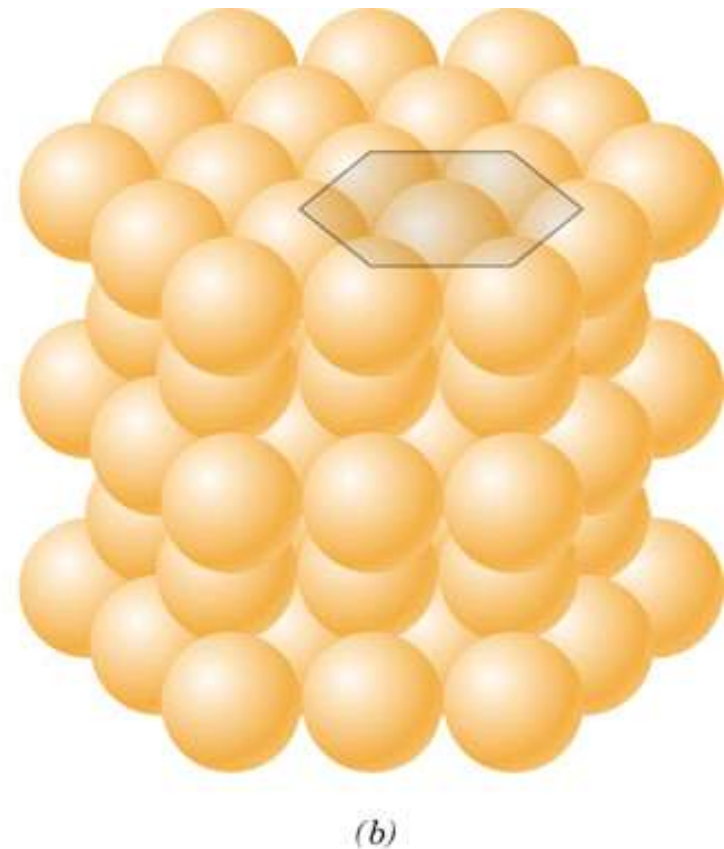
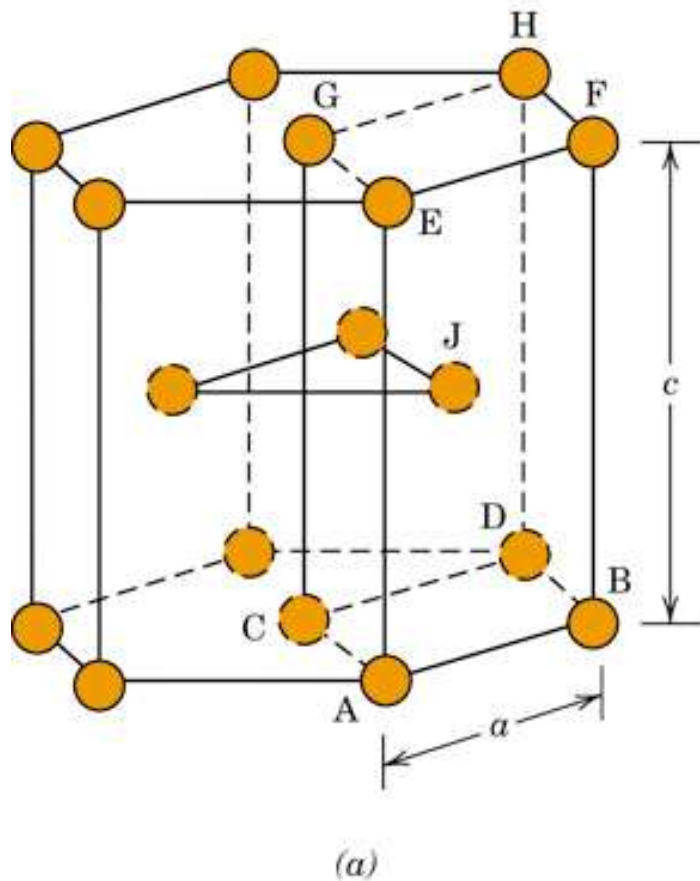


(c)

Cúbica de face centrada-CFC

Estruturas Cristalinas

Hexagonal



Hexagonal Compacta

Estruturas Cristalinas

Tabela 4.2 — Estrutura cristalina dos principais metais puros.

| Estrutura | Metal |
|------------------|--|
| CFC | Ag, Al, Au, Ca, Co- β , Cu, Fe- γ , Ni, Pb, Pd, Pt, Rh, Sr |
| HC | Be, Cd, Co- α , Hf- α , Mg, Os, Re, Ru, Ti- α , Y, Zn, Zr- α |
| CCC | Ba, Cr, Cs, Fe- α , Fe- δ , Hf- β , K, Li, Mo, Na, Nb, Rb, Ta, Ti- β , V, W, Zr- β |

Bibliografia Consultada/Sugerida

- [1] Materiais de Engenharia - Microestrutura e Propriedades – A. F. Padilha - Hemus AS – 1997 – **Capítulos 1 e 3.**
- [2] Toda Matéria – **Tabela Periódica**, disponível em:
<https://www.todamateria.com.br/tabela-periodica/>
- [3] Ciência e Engenharia dos Materiais - D. R. Askeland – P. P. Phulé – Ceangage Learning 2008 – **Capítulo 3.**
- [4] Materials Science and Engineering-An Introduction – Ninth edition - William D. Callister Jr. and David G. Rethwisch– John Wiley & Sons, Inc. – **Chapter 2.**
- [5] Técnicas de Análise Microestrutural - A. F. Padilha; F. Ambrozio Fº – Hemus AS – 1985 – **Capítulo 1.**
- [6] Metalografia dos Produtos Siderúrgicos Comuns - 4ª Edição Revista e Atualizada por André L. V. da Costa e Silva – Hubertus Colpaert - Editora Blucher 2008 – **Capítulo 1.**