

TECNOLOGIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS

AULA 04: ESTRUTURAS CRISTALINAS

Prof.: Gabriel Henrique Arruda Tavares de Lima

Uberlândia - MG

ESTRUTURAS CRISTALINAS

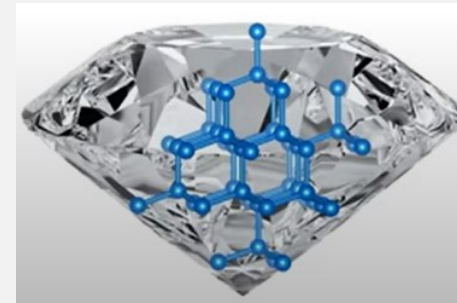
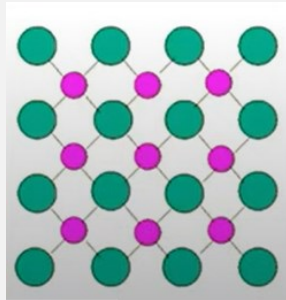
- Os materiais sólidos podem ser classificados de acordo com a regularidade pela qual seus átomos ou íons estão arranjados uns em relação aos outros.

MATERIAL CRISTALINO

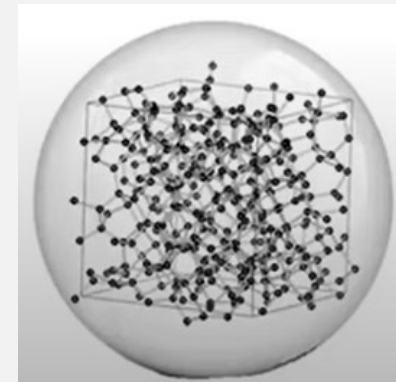
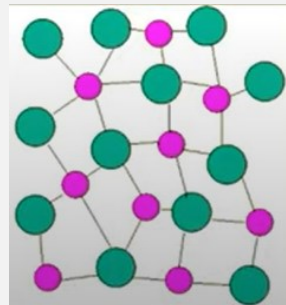
- é um material no qual os átomos estão posicionados segundo um arranjo periódico ou repetitivo ao longo de grandes distancias atômicas. Há um padrão tridimensional;
- existe uma ordem de longo alcance, tal que, quando ocorre solidificação, os átomos se posicionam em um padrão tridimensional repetitivo, no qual cada átomo esta ligado aos seus átomos vizinhos mais próximos.

ESTRUTURAS CRISTALINAS

- Todos os metais, muitos materiais cerâmicos e certos polímeros formam estruturas cristalinas sob condições normais de solidificação.

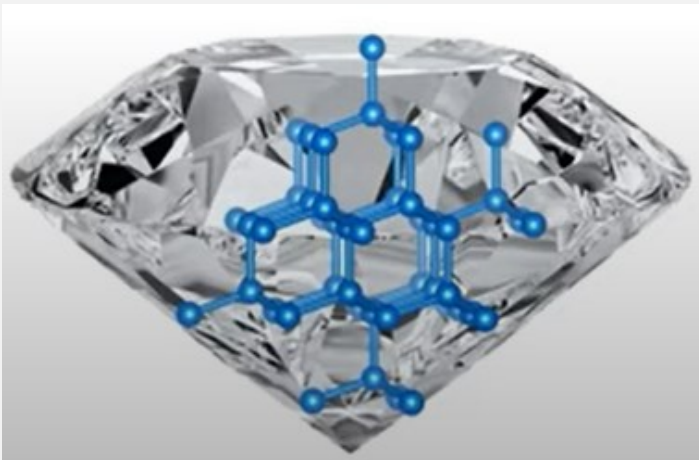
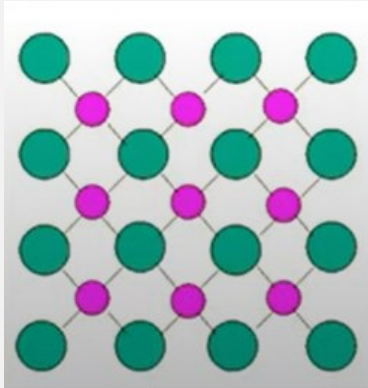


- Materiais *não cristalinos* ou *amorfos* → materiais que não se cristalizam, não possuem uma ordenação atômica de longo alcance.

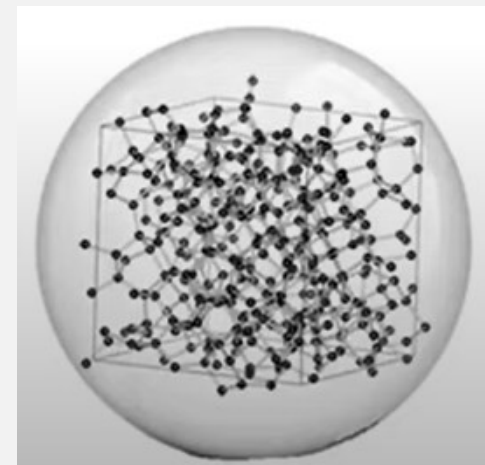
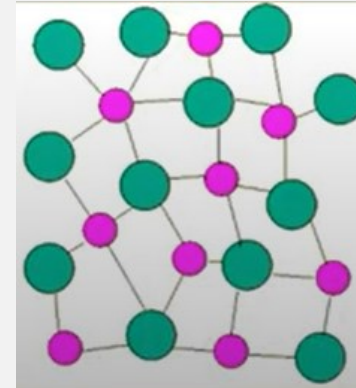


ESTRUTURAS CRISTALINAS

- Materiais Cristalinos

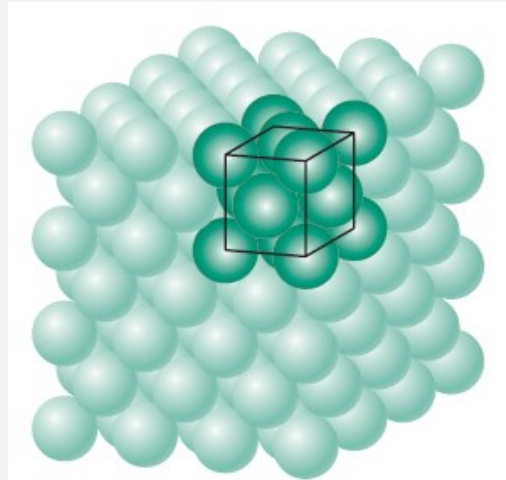


- Materiais Amorfos

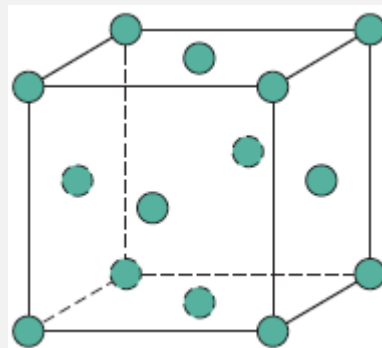


REPRESENTAÇÃO DE ESTRUTURAS CRISTALINAS

- **Modelo atômico da esfera rígida** → esferas sólidas com diâmetro bem definido;



- **Rede cristalina** → arranjo tridimensional de pontos que coincidem com as posições dos átomos;



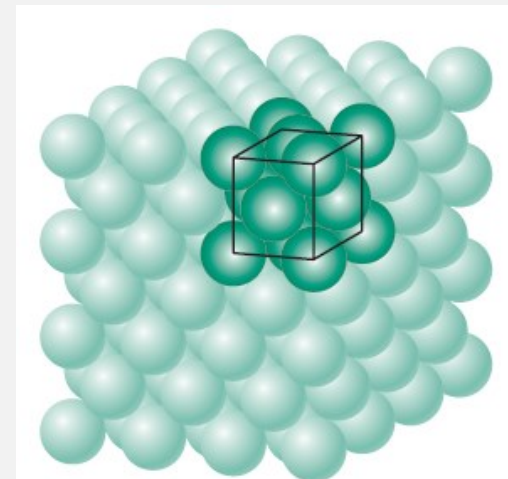
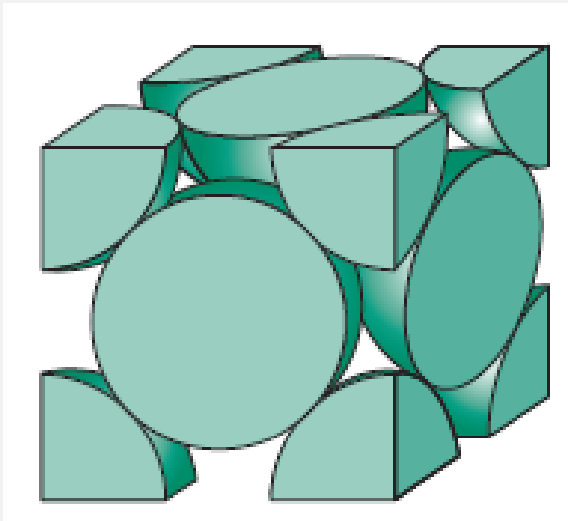
REPRESENTAÇÃO DE ESTRUTURAS CRISTALINAS

- **Célula unitária**

→ é uma pequena unidade que se repete em formato de prisma ou paralelepípedo;

→ Representa a simetria da estrutura;

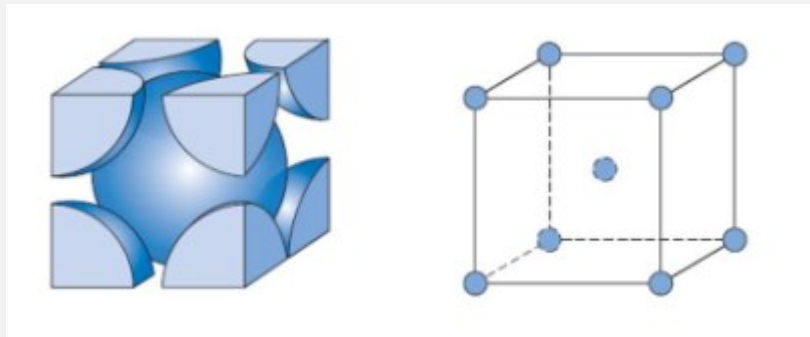
→ Todas as posições podem ser geradas por translações dos fatores inteiros.



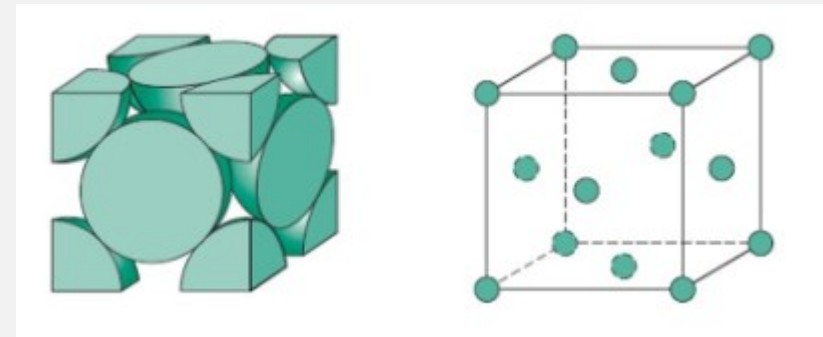
ESTRUTURA CRISTALINA DOS METAIS

- Podem ser agrupadas em três tipos principais:

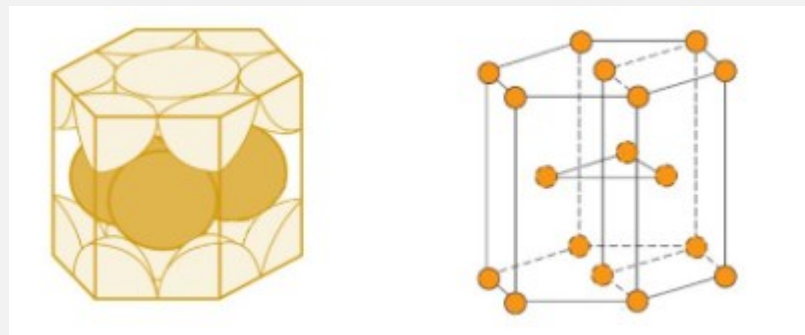
1) CCC – CÚBICO DE CORPO CENTRADO



2) CFC – CÚBICO DE FACE CENTRADA



3) HC - HEXAGONAL COMPACTA



ESTRUTURA CRISTALINA DOS METAIS

- Exemplo de estruturas cristalinas de alguns metais.

<i>Metal</i>	<i>Estrutura Cristalina^a</i>	<i>Raio Atômico^b</i> (nm)	<i>Metal</i>	<i>Estrutura Cristalina</i>	<i>Raio Atômico</i> (nm)
Alumínio	CFC	0,1431	Níquel	CFC	0,1246
Cádmio	HC	0,1490	Ouro	CFC	0,1442
Chumbo	CFC	0,1750	Platina	CFC	0,1387
Cobalto	HC	0,1253	Prata	CFC	0,1445
Cobre	CFC	0,1278	Tântalo	CCC	0,1430
Cromo	CCC	0,1249	Titânio (α)	HC	0,1445
Ferro (α)	CCC	0,1241	Tungstênio	CCC	0,1371
Molibdênio	CCC	0,1363	Zinco	HC	0,1332

^aCFC = cúbica de faces centradas; HC = hexagonal compacta; CCC = cúbica de corpo centrado.

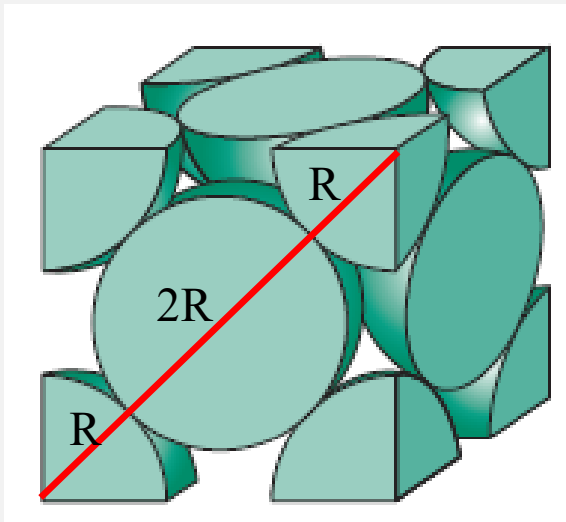
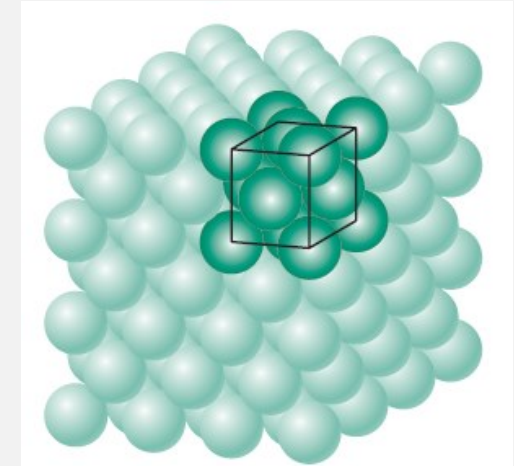
^bUm nanômetro (nm) equivale a 10^{-9} m; para converter de nanômetros para unidades de angstrons (Å), multiplicar o valor em nanômetros por 10.

CALLISTER (2016)

ESTRUTURA CRISTALINA DOS METAIS

1) ESTRUTURA CRISTALINA CÚBICA DE FACE CENTRADA (CFC)

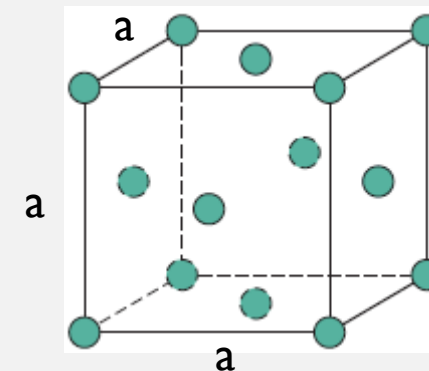
- Exemplos: Ouro, Prata, Alumínio e Cobre.
- Relação parâmetro de rede (a) x raio atômico (R).



$$(4R)^2 = a^2 + a^2$$

$$\frac{16R^2}{2} = a^2$$

$$a = 2R\sqrt{2}$$



$$V = a^3$$

ESTRUTURA CRISTALINA DOS METAIS

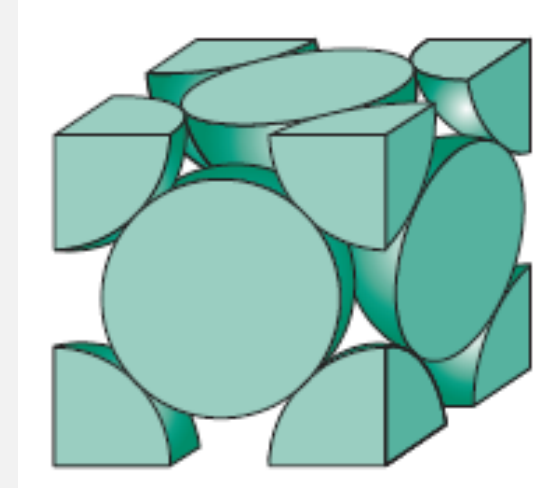
NÚMERO DE ÁTOMOS NA CÉLULA UNITÁRIA (N)

$$N = N_i + \frac{N_f}{2} + \frac{N_v}{8}$$

N_i = Número de átomos no interior;

N_f = Número de átomos na face;

N_v = Número de átomos no vértice.



FATOR DE EMPACOTAMENTO ATÔMICO (FEA)

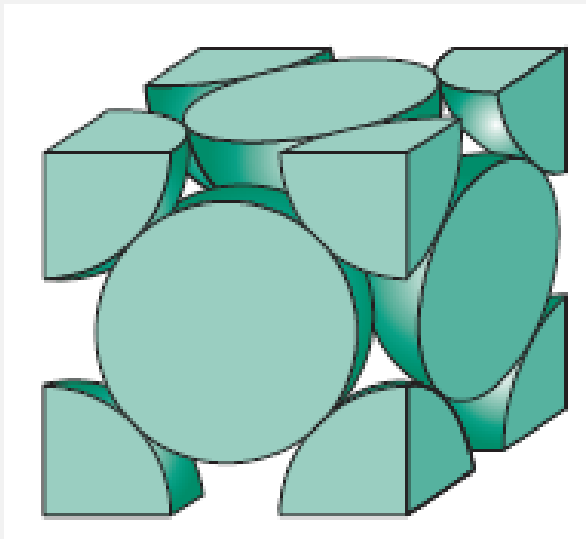
$$FEA = \frac{\text{volume dos átomos em uma célula unitária}}{\text{volume total da 'célula unitária}}$$

NÚMERO DE COORDENAÇÃO

Número de vizinhos mais próximos ou átomos de contato.

ESTRUTURA CRISTALINA DOS METAIS

CFC – ESTRUTURA CÚBICA DE FACE CENTRADA



- **Número de átomos na célula unitária (N)**

$$N = N_i + \frac{N_f}{2} + \frac{N_v}{8} = 0 + \frac{6}{2} + \frac{8}{8} = 0 + 3 + 1 = 4.$$

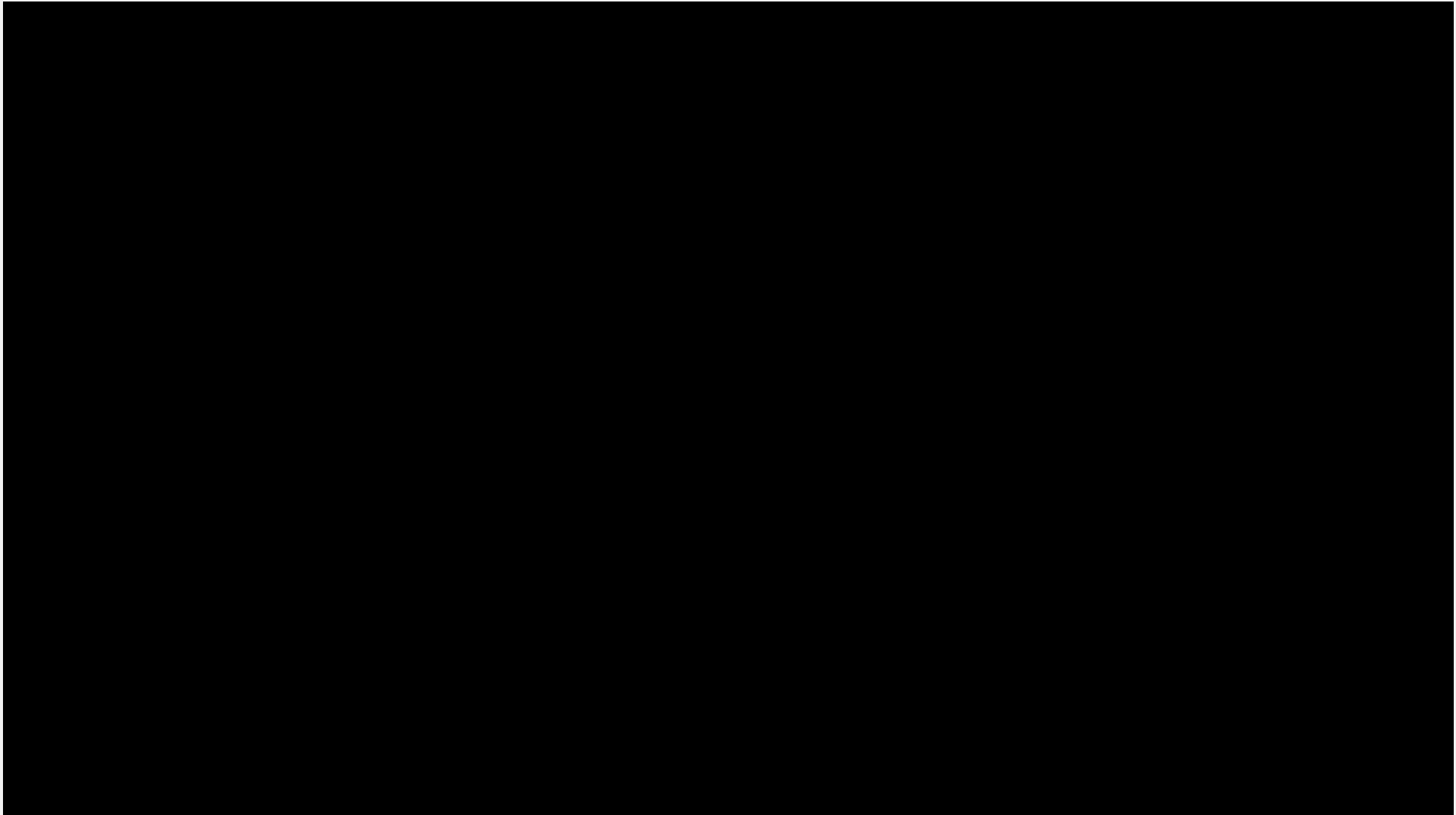
- **Fator de empacotamento atômico (FEA)**

$$FEA = 0,74$$

- **Número de coordenação**

12

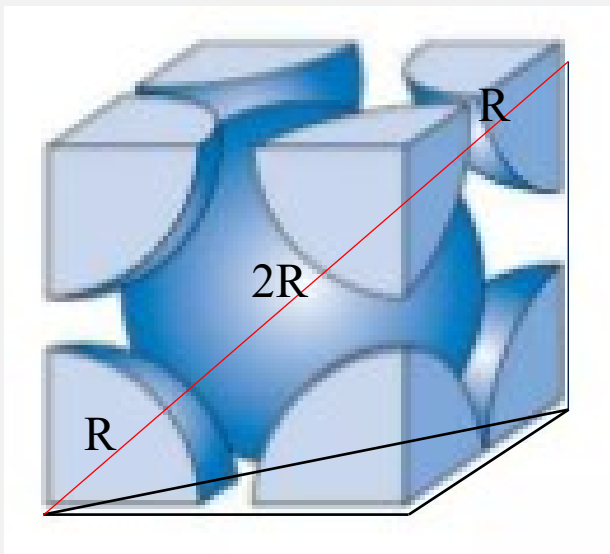
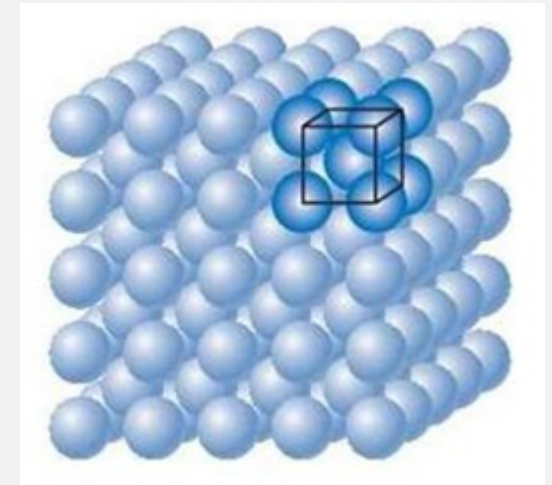
ESTRUTURA CRISTALINA - CFC



ESTRUTURA CRISTALINA DOS METAIS

1) ESTRUTURA CRISTALINA CÚBICA DE CORPO CENTRADO (CCC)

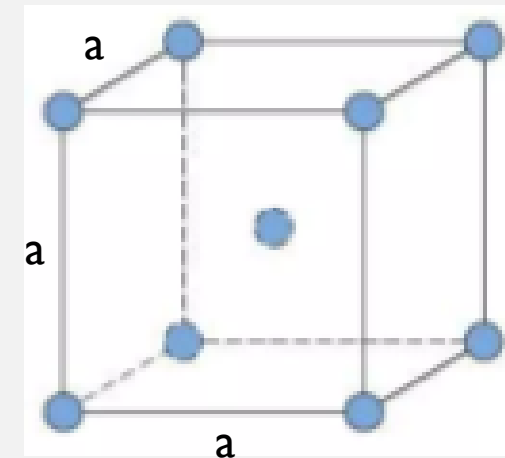
- Exemplos: Cromo, Ferro (α), Molibdênio.
- Relação parâmetro de rede (a) x raio atômico (R).



$$(4R)^2 = a^2 + a^2 + a^2$$

$$\frac{16R^2}{3} = a^2$$

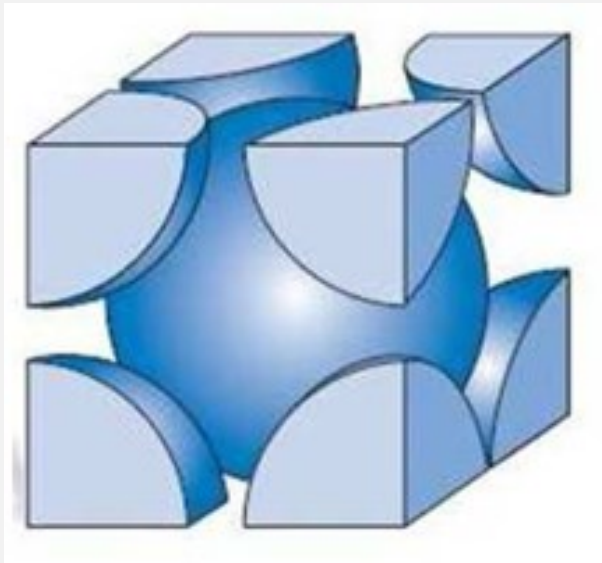
$$a = \frac{4R\sqrt{3}}{3}$$



$$V = a^3$$

ESTRUTURA CRISTALINA DOS METAIS

CCC – ESTRUTURA CÚBICA DE CORPO CENTRADO



- **Número de átomos na célula unitária (N)**

$$N = N_i + \frac{N_f}{2} + \frac{N_v}{8} = 1 + \frac{0}{2} + \frac{8}{8} = 1 + 0 + 1 = 2.$$

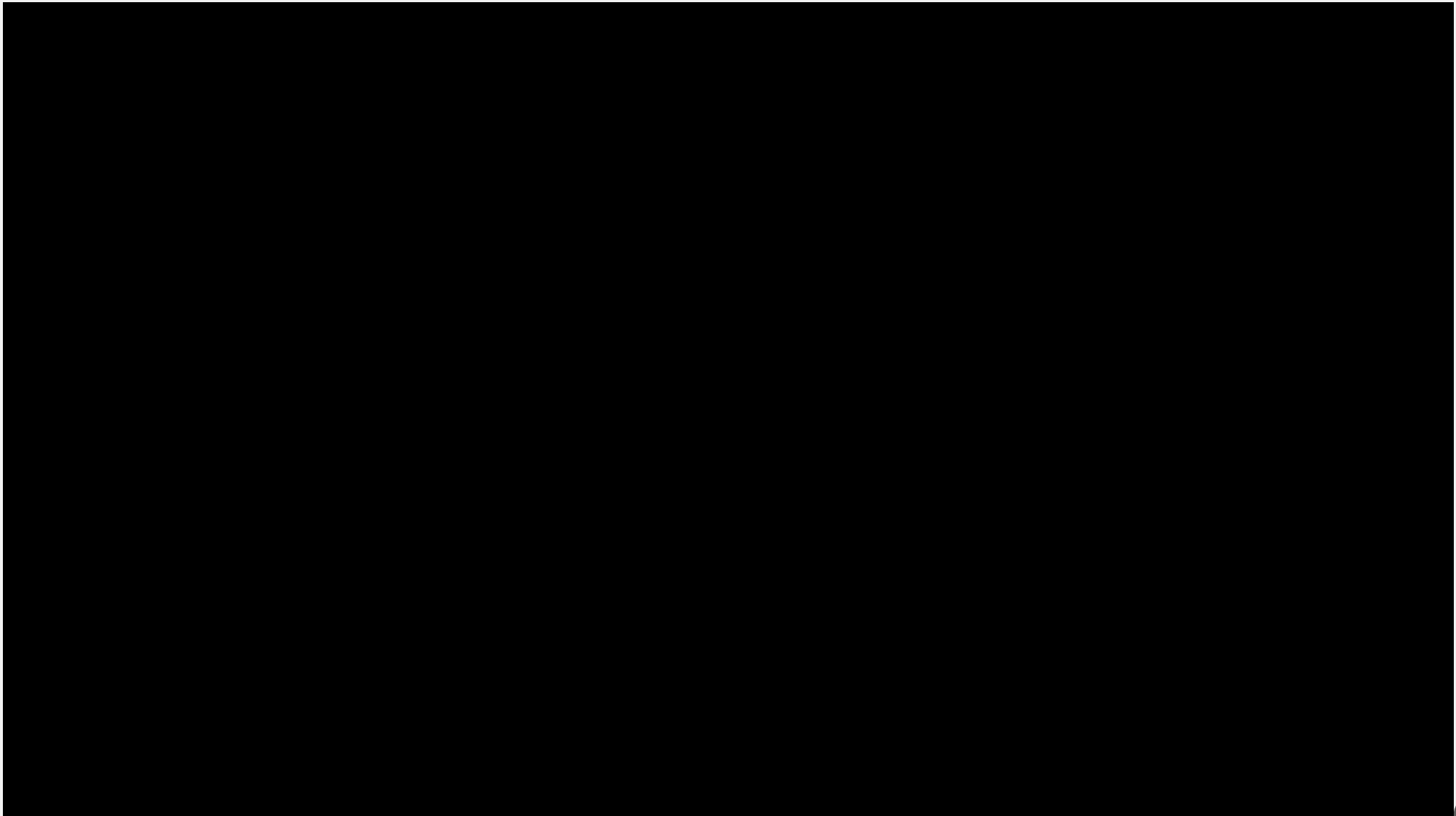
- **Fator de empacotamento atômico (FEA)**

$$FEA = 0,68$$

- **Número de coordenação**

8

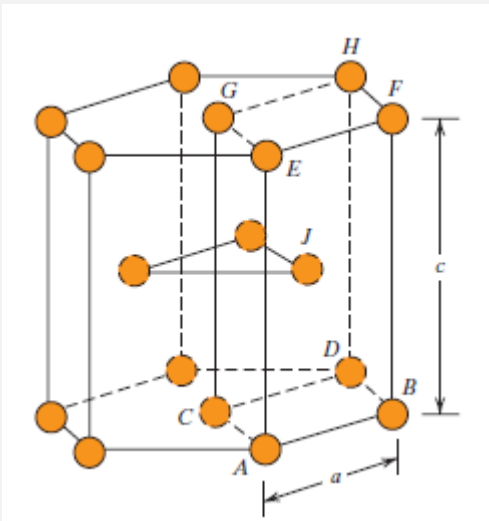
ESTRUTURA CRISTALINA- CCC



ESTRUTURA CRISTALINA DOS METAIS

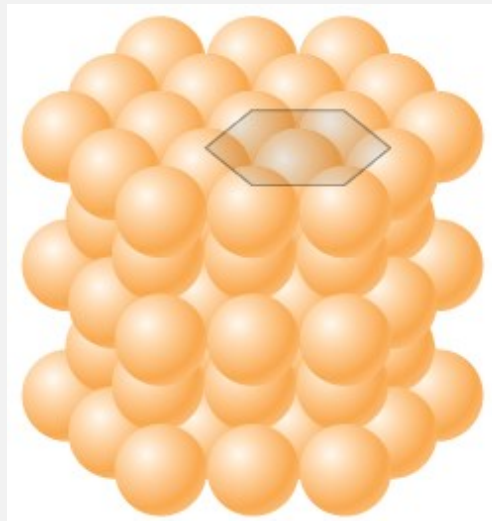
1) ESTRUTURA CRISTALINA HEXAGONAL COMPACTA (HC)

- Exemplos: Cobalto, Titânio (α) e Zinco.
- Relação parâmetro de rede (a) x raio atômico (R).



$$a = 2R$$

$$V = \frac{3 a^2 c \sqrt{3}}{2}$$



- **Número de átomos na célula unitária (N)**

$$N = 3 + \frac{2}{2} + \frac{12}{6} = 3 + 1 + 2 = 6.$$

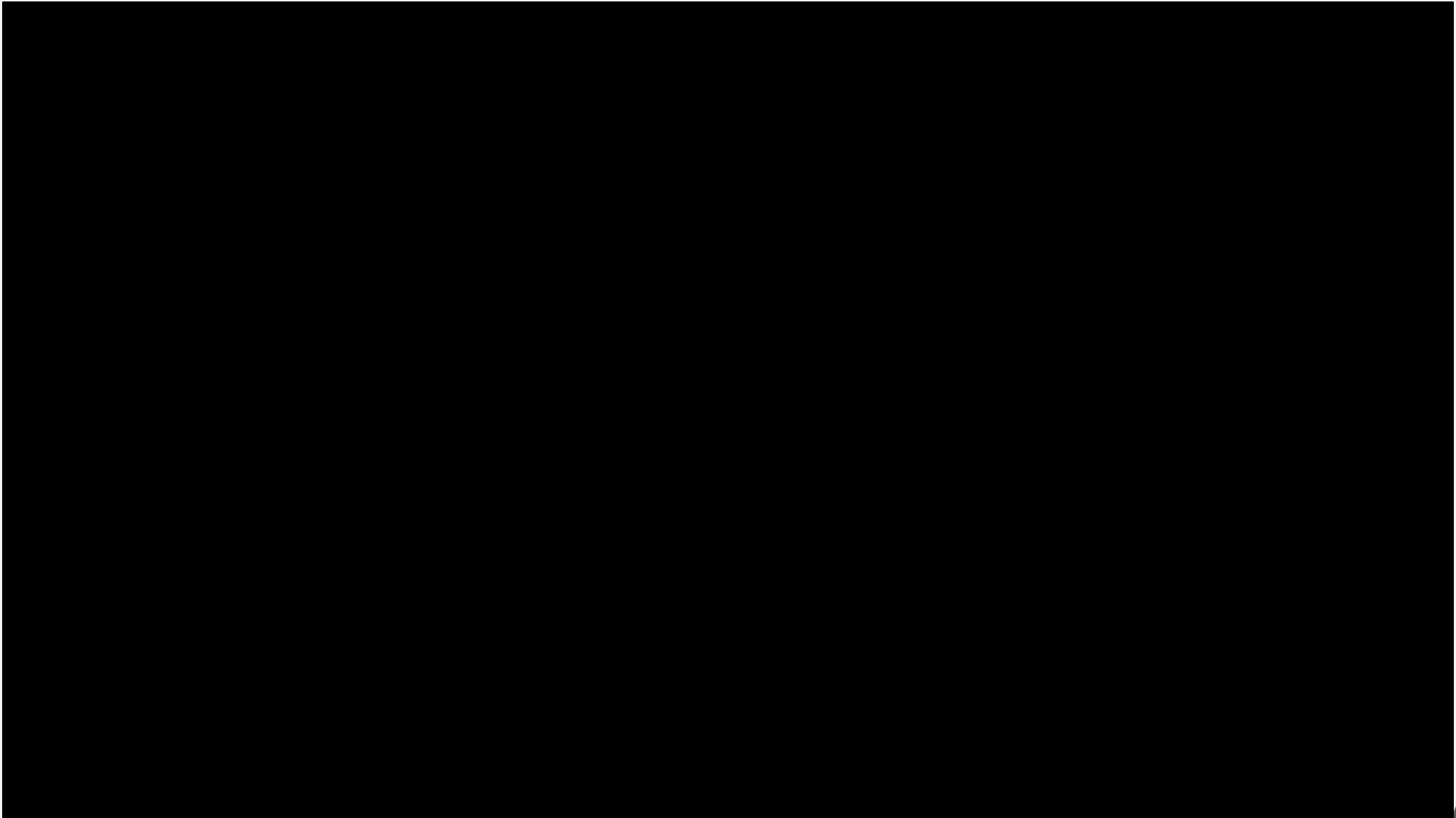
- **Fator de empacotamento atômico (FEA)**

$$FEA = 0,74$$

- **Número de coordenação**

12

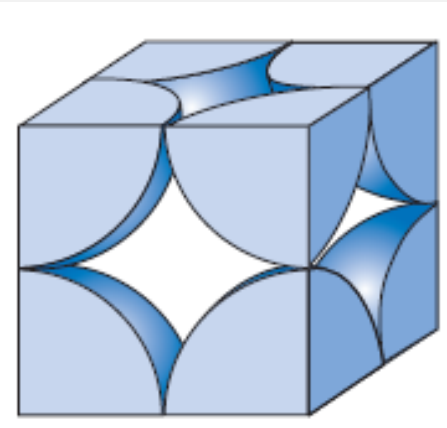
ESTRUTURA CRISTALINA - HC



ESTRUTURA CRISTALINA DOS METAIS

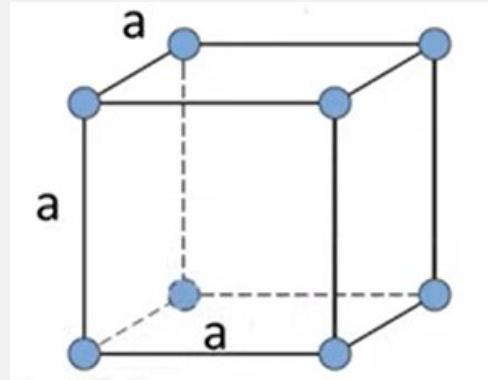
1) ESTRUTURA CRISTALINA CÚBICA SIMPLES(CS)

- Exemplo: Polônio
- Relação parâmetro de rede (a) x raio atômico (R).



$$a = 2R$$

$$V = \frac{3 a^2 c \sqrt{3}}{2}$$



- **Número de átomos na célula unitária (N)**

$$N = 0 + \frac{0}{0} + \frac{8}{8} = 0 + 0 + 1 = 1.$$

- **Fator de empacotamento atômico (FEA)**

$$FEA = 0,52$$

- **Número de coordenação**

6