



**NATUREZA
DAS FORMAS**

**FORMAS DA
NATUREZA**

**UMA QUESTÃO PERMANENTE NO DESENVOLVIMENTO DO
PENSAMENTO OCIDENTAL**

Matéria e Forma : duas entidades distintas?

« A matéria é em si informe e a forma é uma entidade distinta separada da matéria »

Aristóteles



forma

(latim «forma», grego «morphê»)

Grandes pensadores, após Tales de Mileto, no século VI antes da nossa era, enunciaram a questão da forma.

A **MATEMÁTICA** começou com interrogações sobre o círculo e o triângulo, procurando exprimi-los através de números.

A **FÍSICA** nasceu das meditações sobre a forma das trajectórias dos astros e dos corpos em movimento.

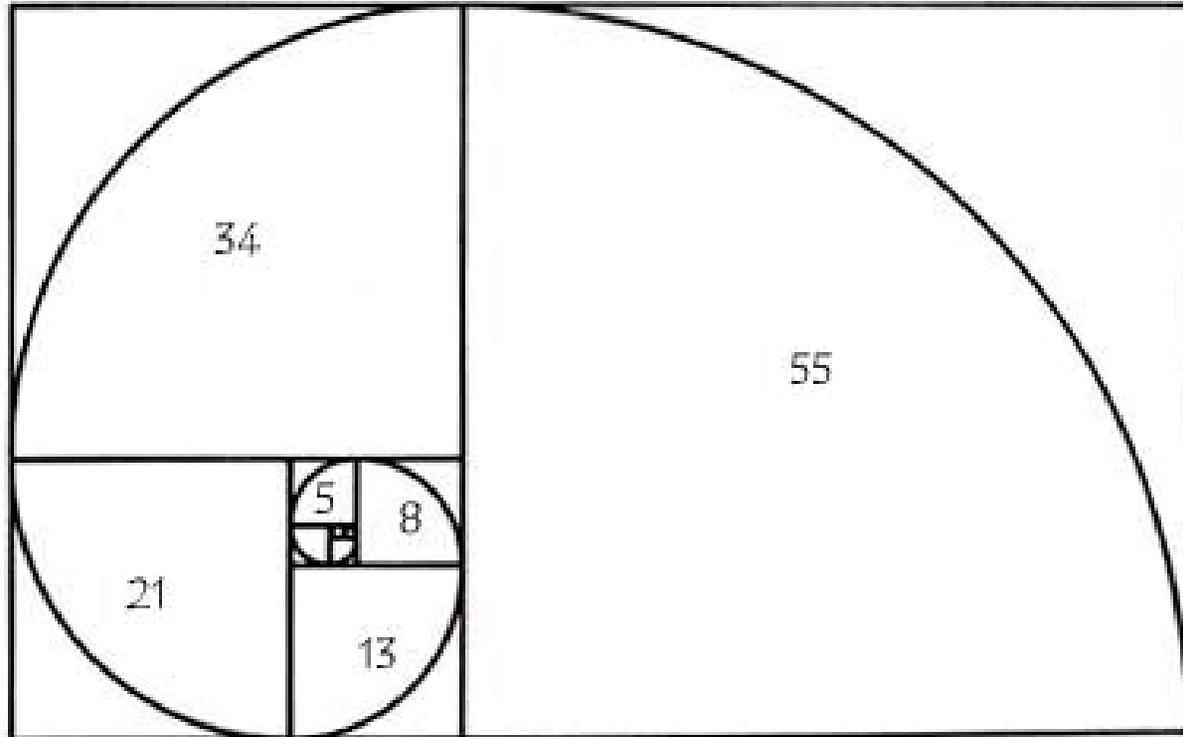
A **QUÍMICA** provém das reflexões sobre a forma dos sólidos e da sua metamorfose em líquidos e gases.

A **GEOLOGIA** ocupa-se do estudo das pedras, dos vulcões, das montanhas...

A **BIOLOGIA** inicia-se com o estudo da forma dos seres vivos.

Numeros de Fibonacci

(cada numero é a soma dos 2 numeros anteriores, $8=5+3$)...



1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610, 987, 1597...

MORFOGÉNESE – A ORIGEM DAS FORMAS

A Natureza ama a simplicidade.
Newton

Porque são então algumas galáxias espirais e outras elípticas?

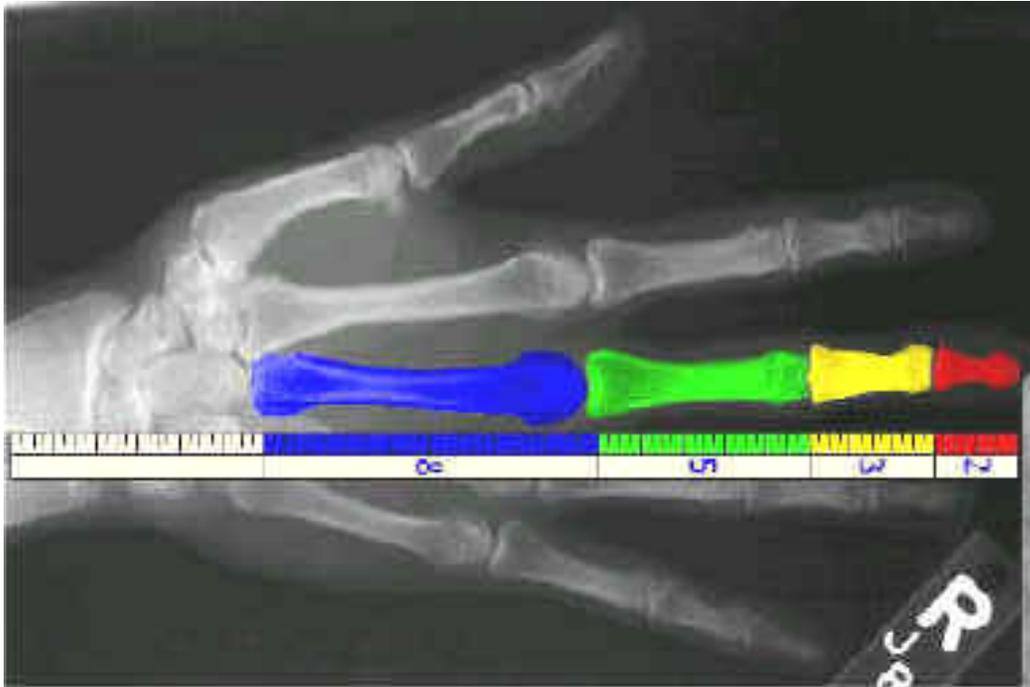
Porque temos cinco dedos em vez de três?

Porque é que a Terra em vez de ser uma esfera se parece com um fruto amachucado?

Porque é que a natureza animal, da bactéria ao elefante, é tão diversificada em termos de formas?

E por que é que, inversamente, muitas formas se repetem de uma espécie para outra e a diferentes escalas?

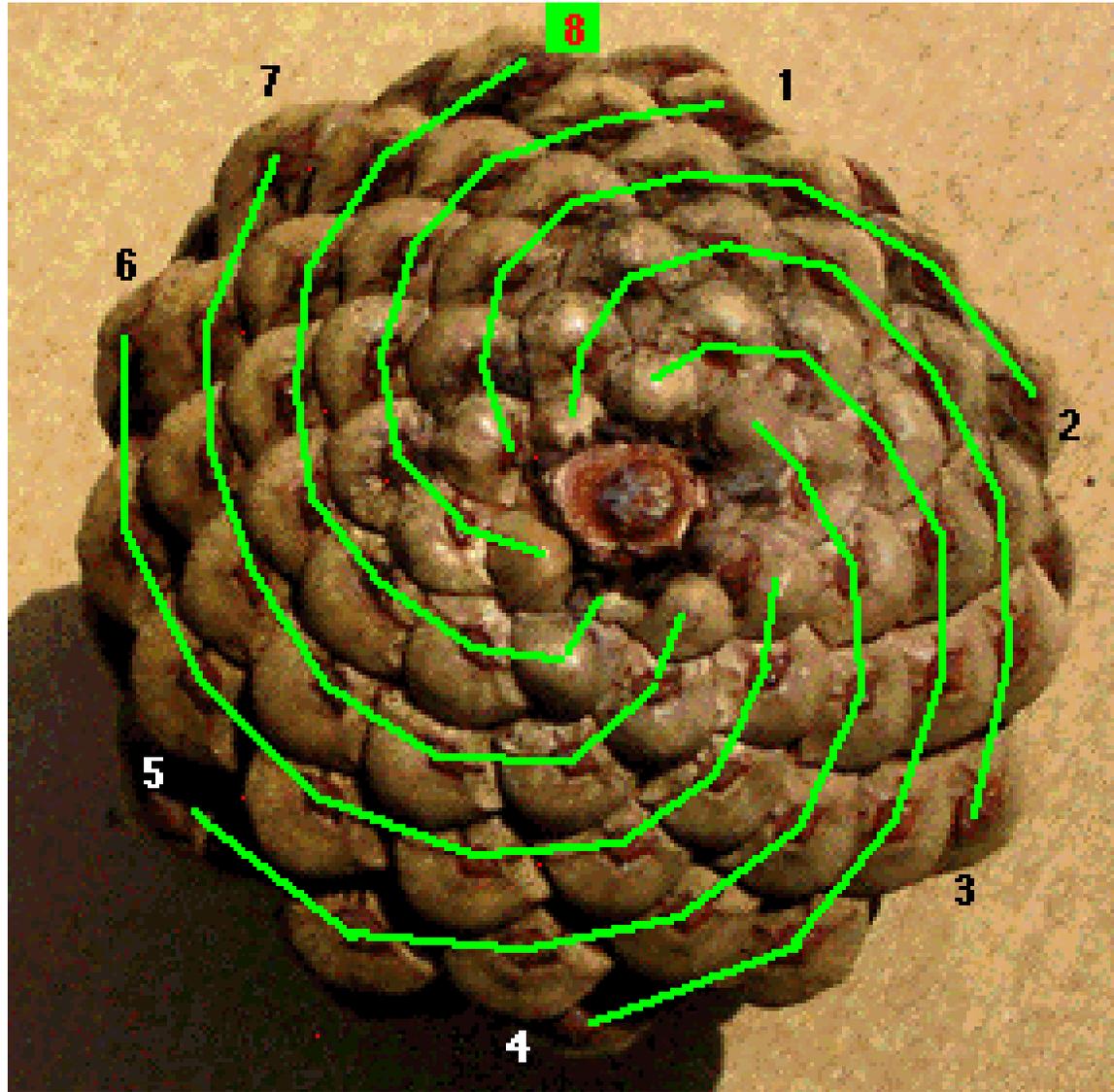




Rácio de ouro:

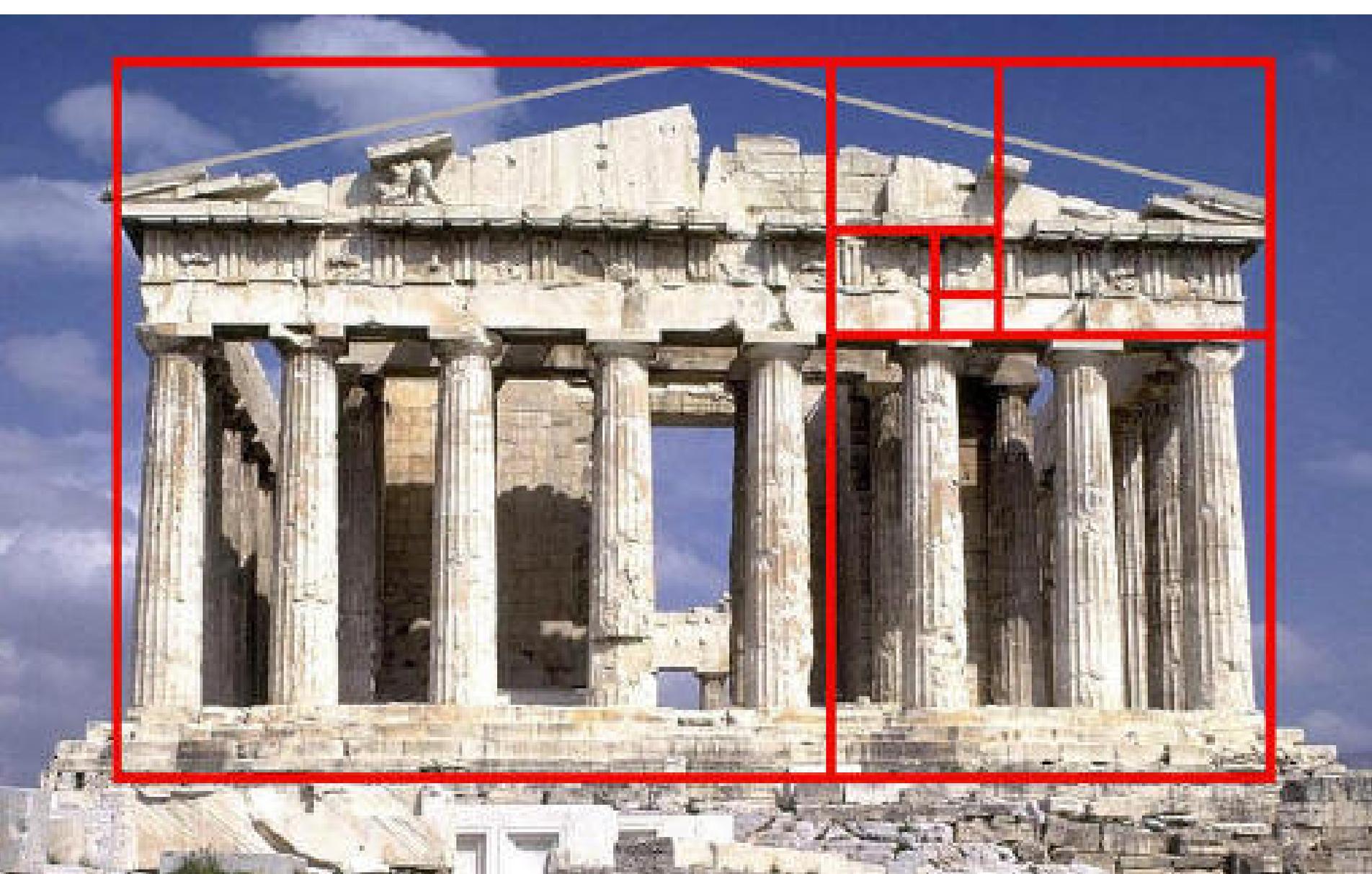
$$\frac{a + b}{a} = \frac{a}{b} = \varphi$$

$$89/55 = 1.61818$$



Sobre a questão da origem das formas, o cientista parte da questão do **«porquê?»**, seguindo-se observações minuciosas e pacientes, que conduzirão à questão de **«como?»**.

Neste campo, o progresso foi enorme!



Coincidência ou talvez não ?



1898



1930



1970



1996

(Choisés par Pet T et France Telecom)

Porquê estas formas?

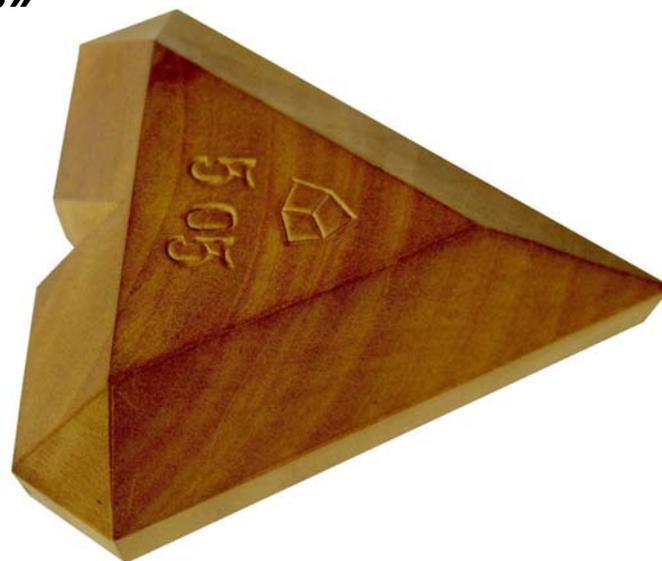
Porquê esta evolução?

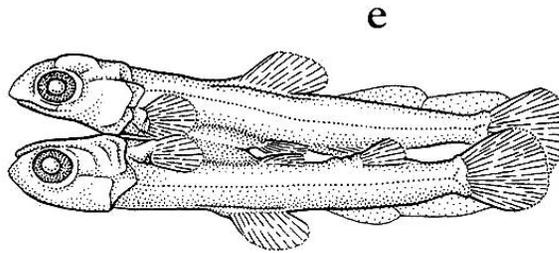
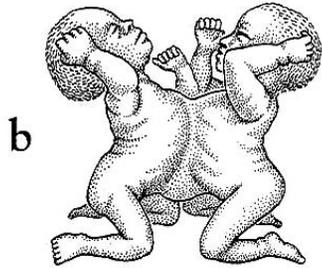
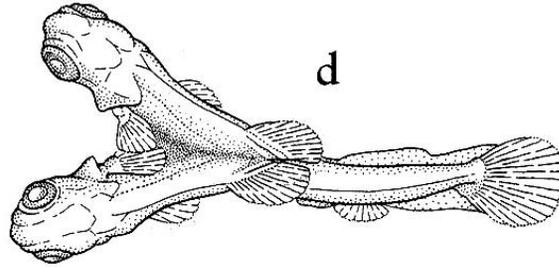
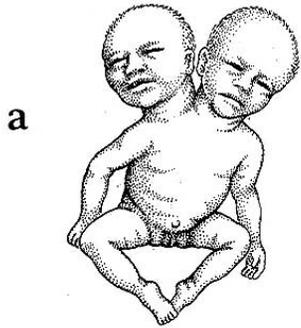


AGREGADO DE CRISTAIS DE BARITE – Ba SO₄

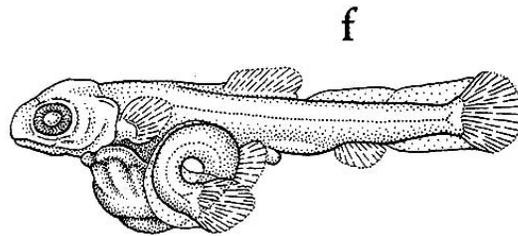
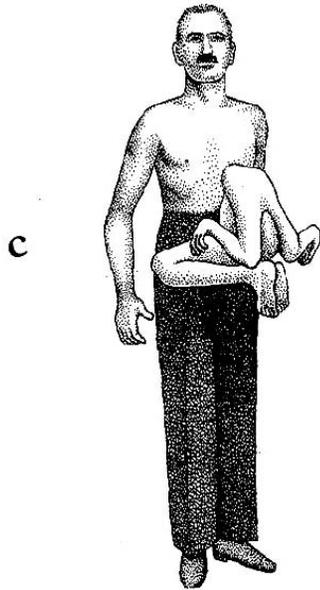


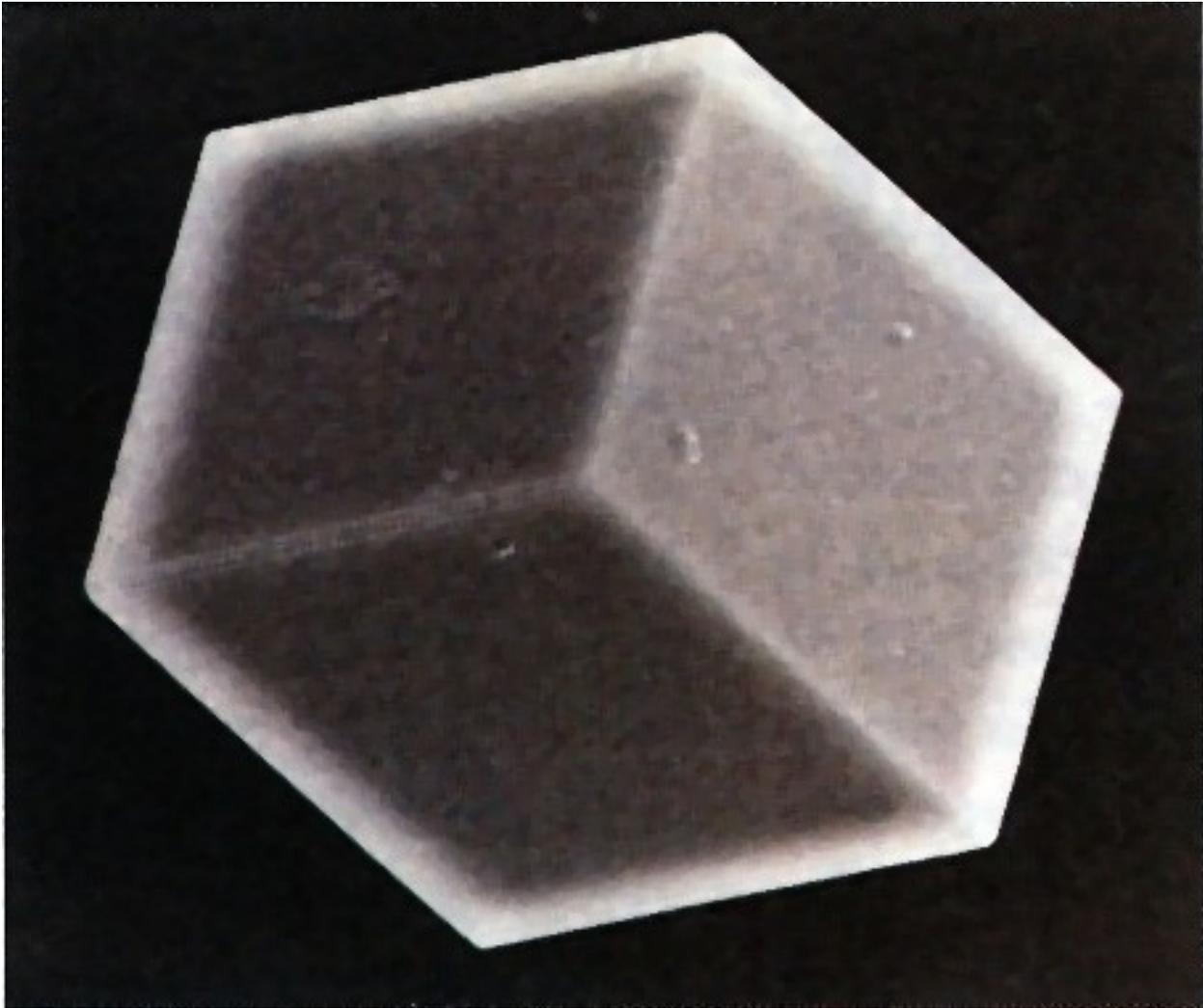
**Cristais «gêmeos»
de crisoberilo**





Teratologias





Cristal sintético de calcite

Cristais biogénicos de calcite

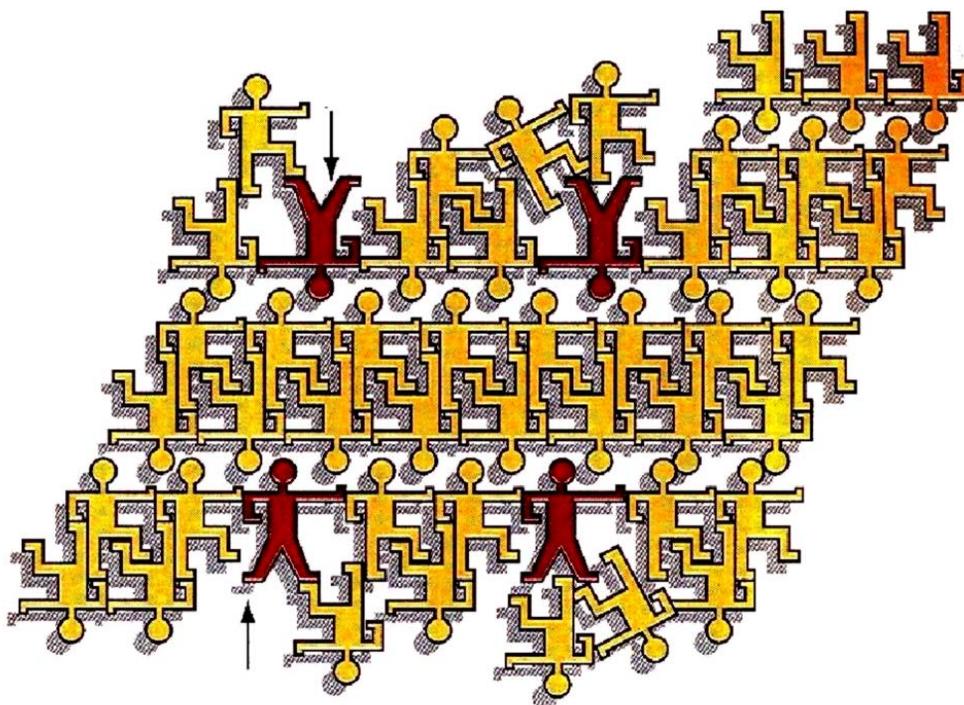
Emiliana huxleyi





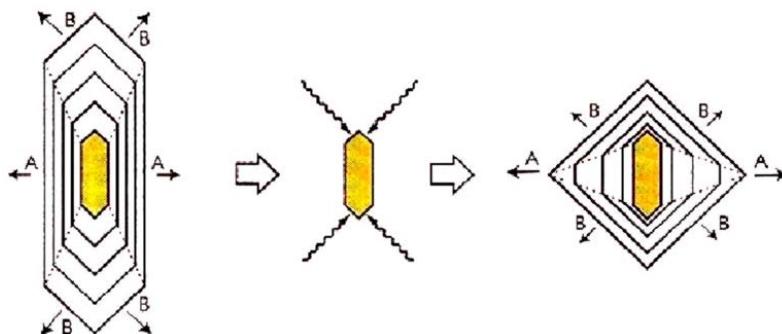
**Camada brilhante
(madrepérola)**

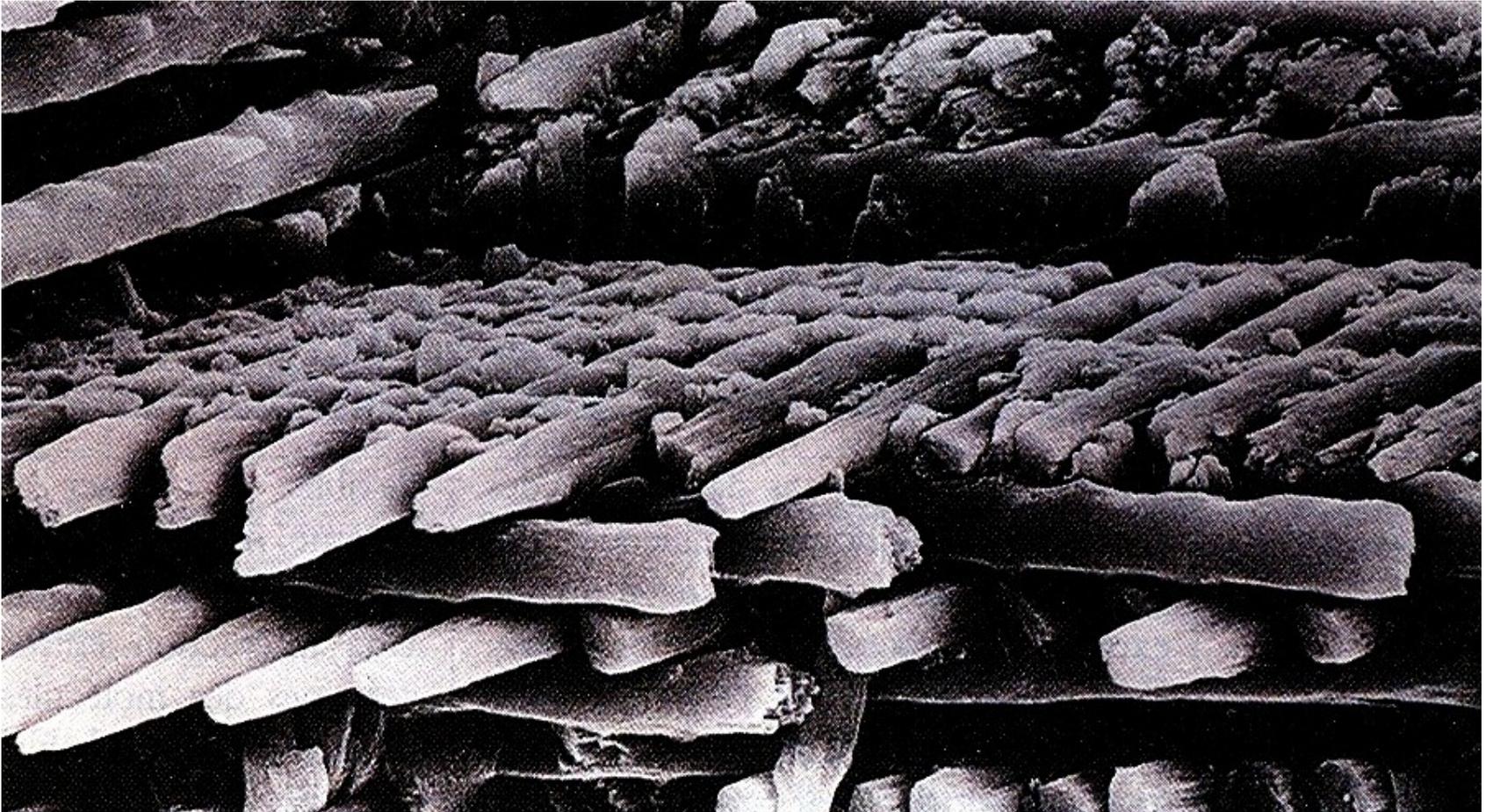




Controlo do crescimento cristalino através de moléculas orgânicas (ex. Proteínas)

- Inibição de crescimento em certas direcções
- Crescimento limitado por pequenas membranas



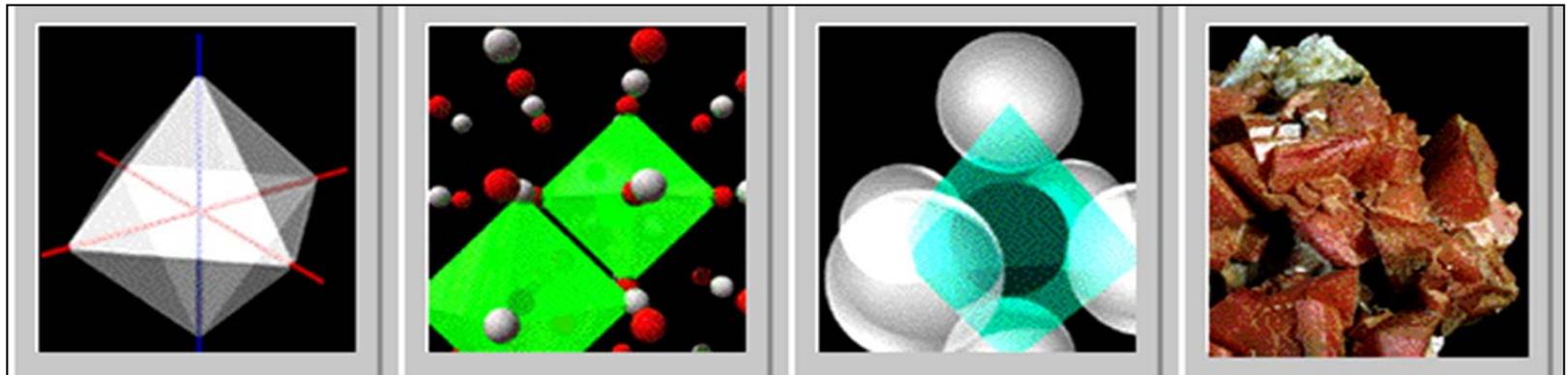


**Dentes de rato
(uma das estruturas biogénicas mais resistentes)**

O que é matéria cristalina e cristal ?

Matéria cristalina - matéria dotada de homogeneidade periódica, caracterizada por manifestar propriedades direccionais descontínuas, em mais de uma direcção.

Cristal - qualquer massa homogénea de matéria cristalina. No caso geral está a implicar-se uma forma poliédrica natural.



CRISTALOGRAFIA
Ordem Externa

CRISTALOGRAFIA
Ordem Interna
e Estrutura

QUÍMICA
cristalina
e mineral

SISTEMÁTICA
MINERALÓGICA

O que caracteriza o estado cristalino ?

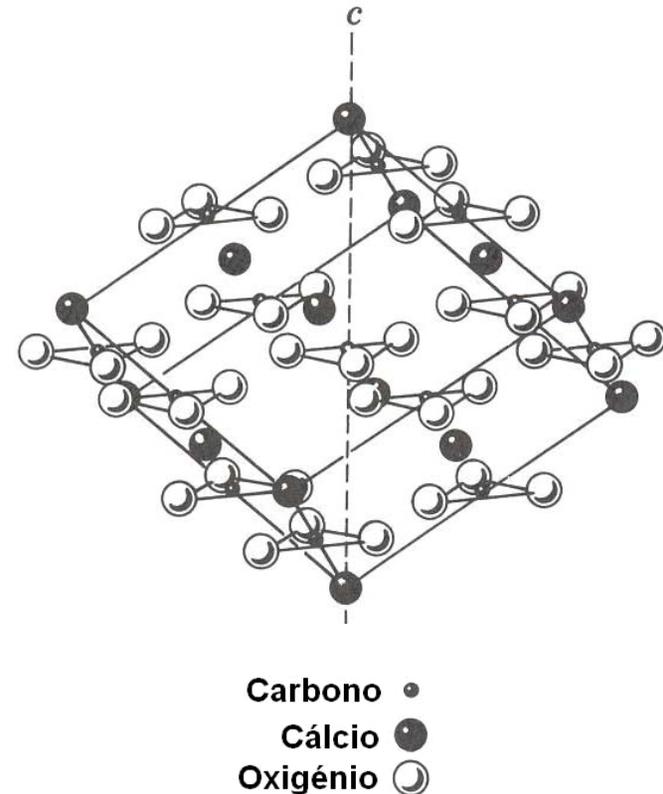
Estado cristalino

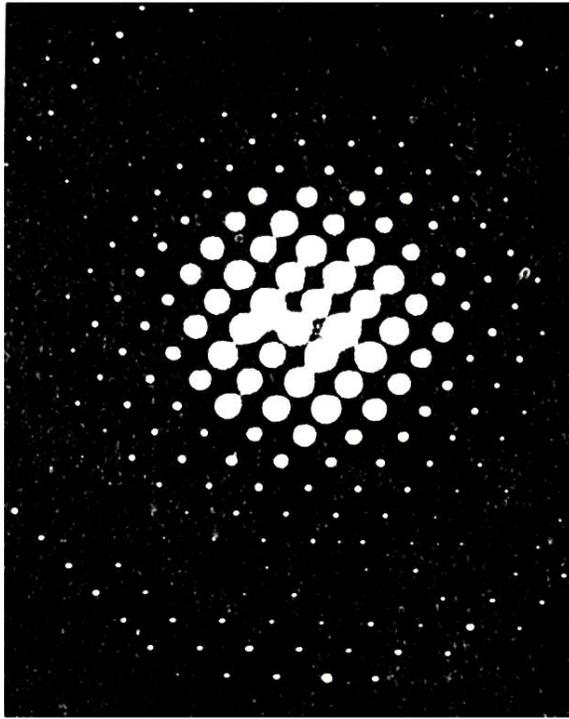
Ordenação regular no espaço das partículas elementares (átomos ou agrupamentos de átomos).

Cada partícula tem uma posição média definida, em torno da qual só realiza pequenas oscilações.

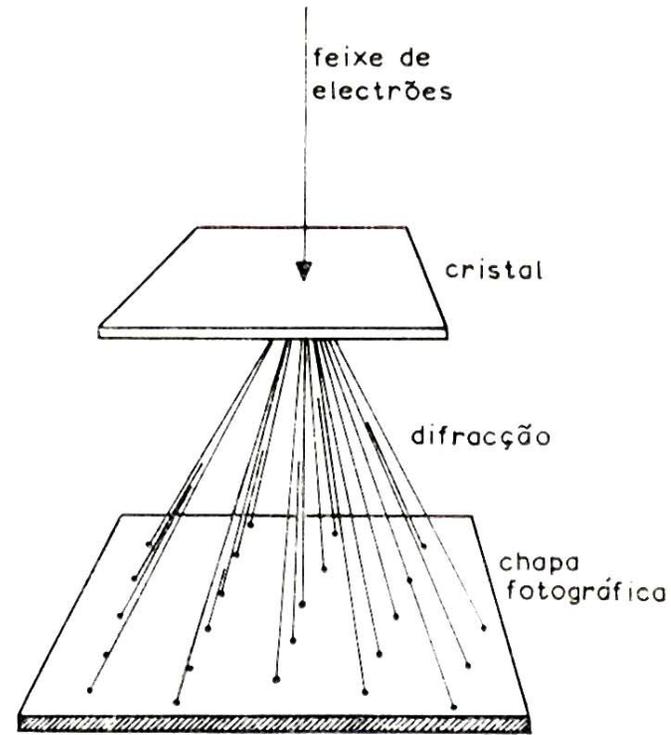
Os corpos cristalinos, por aquecimento gradual, passam ao estado líquido e, depois, ao estado gasoso. As mudanças de estado ocorrem a temperaturas bem determinadas, que se mantêm constantes enquanto houver duas fases distintas em equilíbrio.

Calcite CaCO_3





a.



b.

A difracção de electrões por um cristal de plagioclase.

Cada ponto do espectro corresponde a uma direcção de máximo de difracção, pelo que a difracção de electrões ocorre, essencialmente, segundo um feixe de direcções discrimináveis, como se ilustra em b.

QUAL A IMPORTÂNCIA DESTA DESCOBERTA ?

Quais os tipos estruturais da matéria ?

MATÉRIA CRISTALINA

Homogeneidade periódica, quanto à distribuição das suas partículas elementares.

MATÉRIA AMORFA

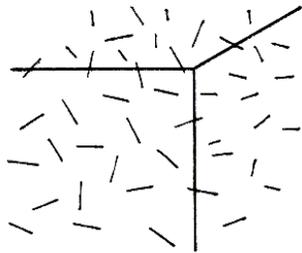
Estruturalmente caracterizada por uma **homogeneidade estatística**.

FASES MESOMORFAS OU CRISTAIS LÍQUIDOS

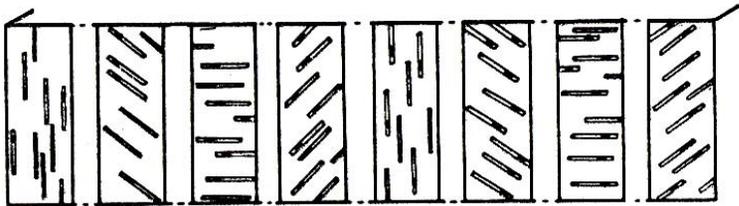
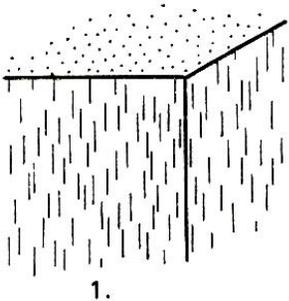
Líquidos que, pela sua organização molecular, manifestam **anisotropia relativamente a certas propriedades físicas**, nomeadamente as ópticas.

Representação esquemática dos diferentes tipos estruturais da matéria

Substância amorfa

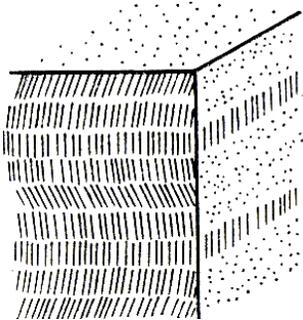
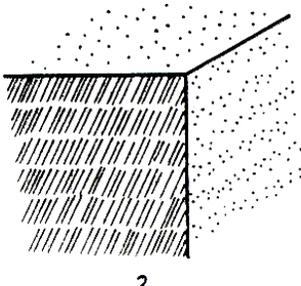
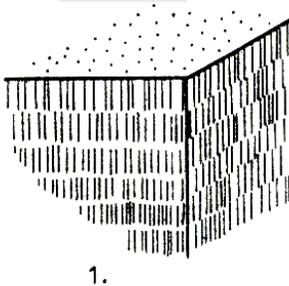


Cristal líquido nemático

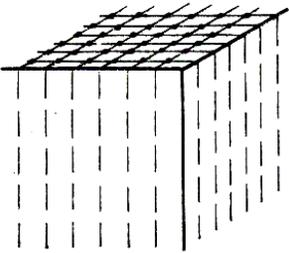


Cristal líquido colestérico

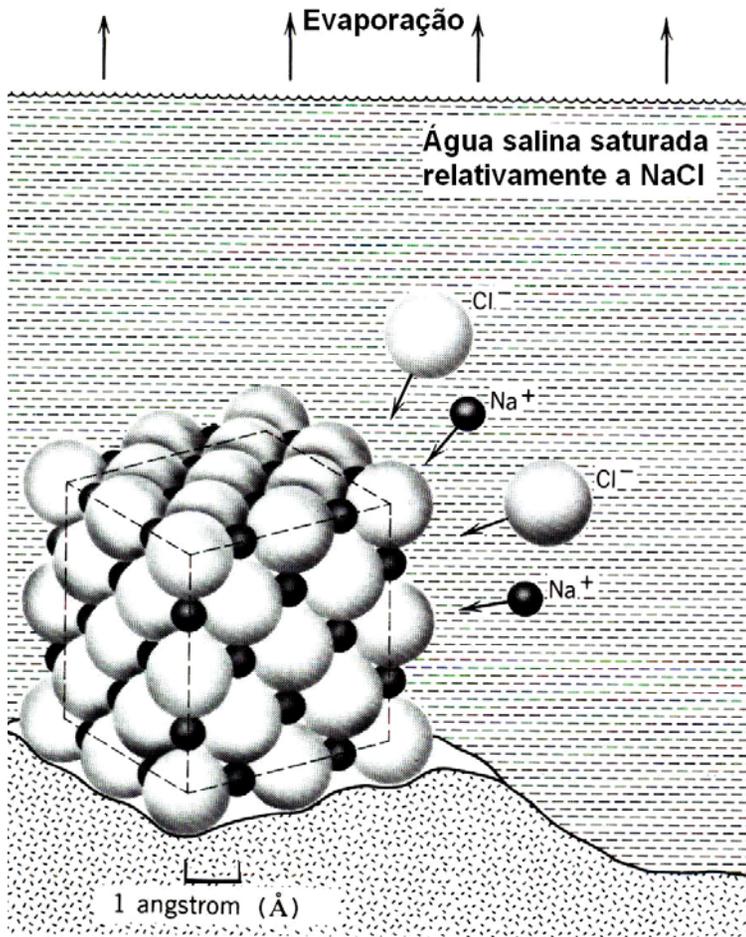
Cristais líquidos esméticos



Cristal



Como crescem os cristais ?



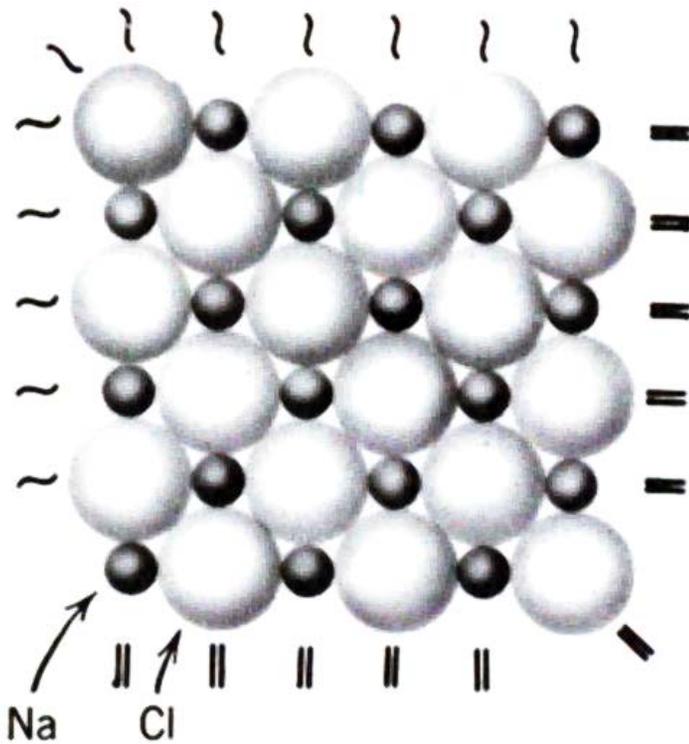
Núcleo de halite ~125 iões

Existem ambientes de formação de minerais muito diversificados!

O cristal inicia o seu crescimento em pequenos núcleos – **Núcleos de Cristalização** – aos quais vão sendo acrescentados novos iões de uma forma ordenada.

Um cubo de halite (NaCl) com 1 cm de lado contém cerca de 10^{23} iões.

CRESCIMENTO CRISTALINO

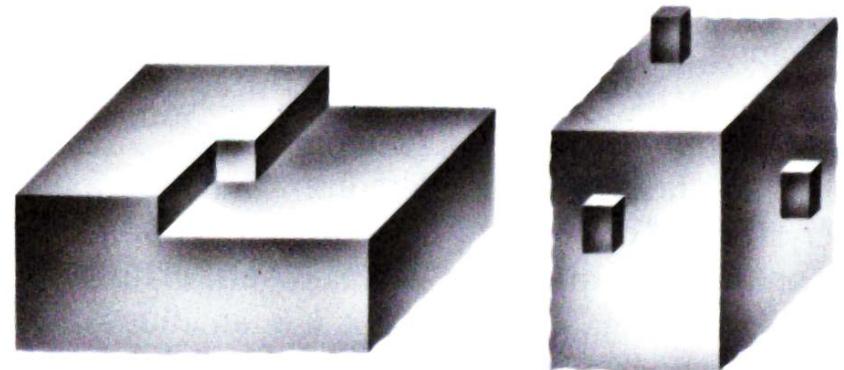


Secção de um vértice de um cristal de halite. No interior, o arranjo compacto de íões traduz um equilíbrio electrostático, na superfície externa as ligações químicas não estão satisfeitas.

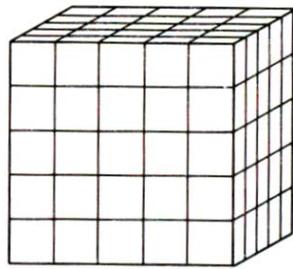
= Ligações satisfeitas

~ Ligações não satisfeitas

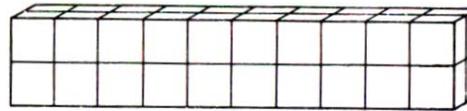
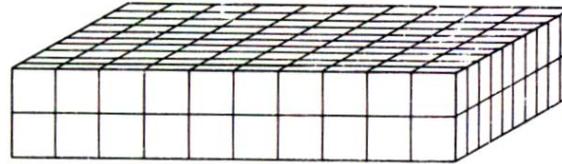
Superfície cristalina apresentando um degrau submicroscópico. A fixação dos íões nesses degraus minimiza a energia da superfície cristalina – somatório das ligações não satisfeitas na superfície do cristal.



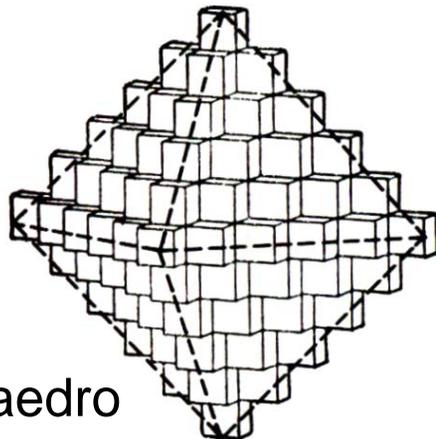
As diferentes formas dos cristais resultam das diferenças direccionais na velocidade crescimento, o que está relacionado com as características do meio onde aqueles se desenvolvem.



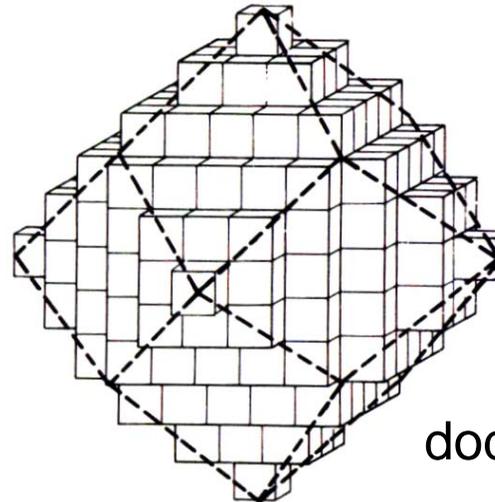
(a)



(b)



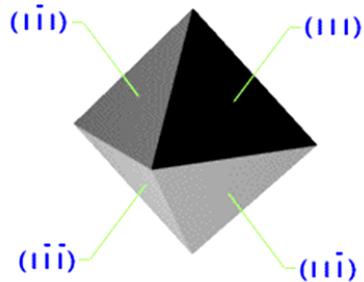
octaedro



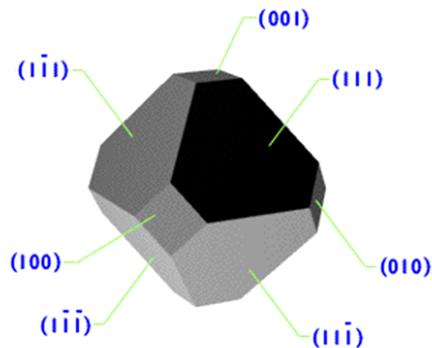
dodecaedro

CRESCIMENTO CRISTALINO – ex. Núcleo octaédrico até ao cubo

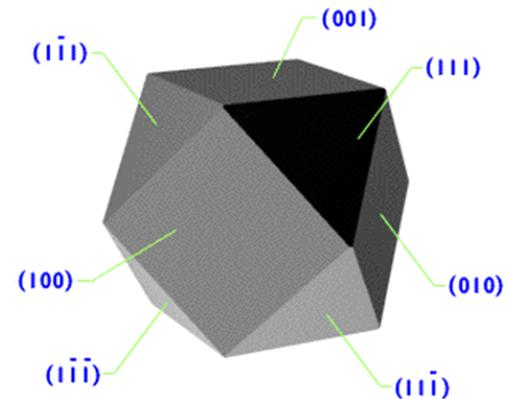
Octahedron {111}



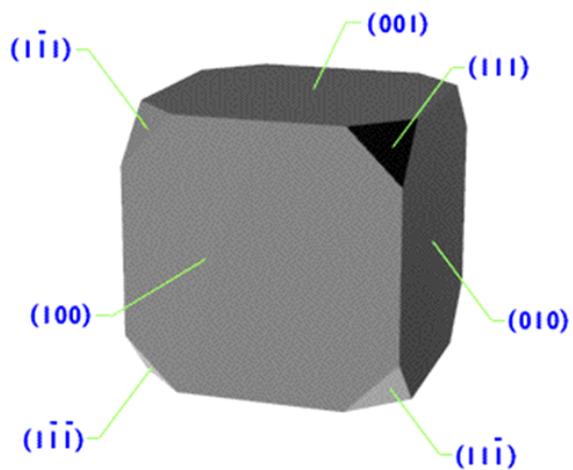
Octahedron {111} and Cube {001}



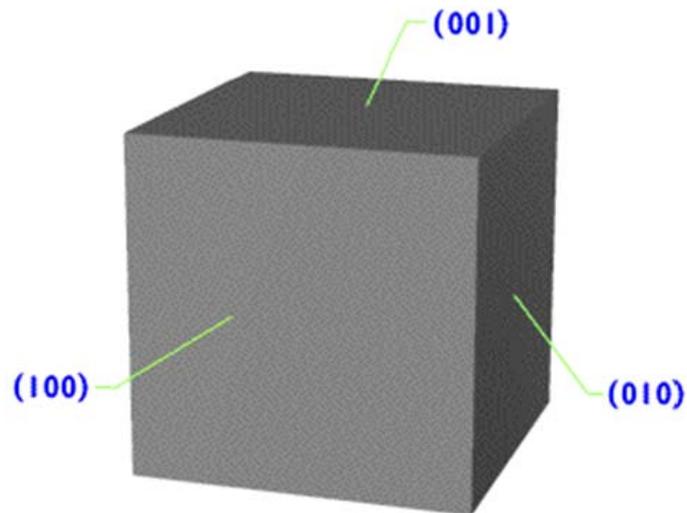
Octahedron {111} and Cube {001}



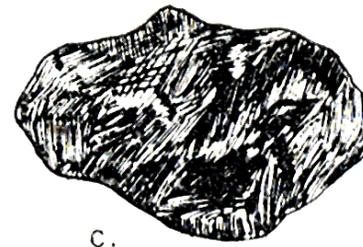
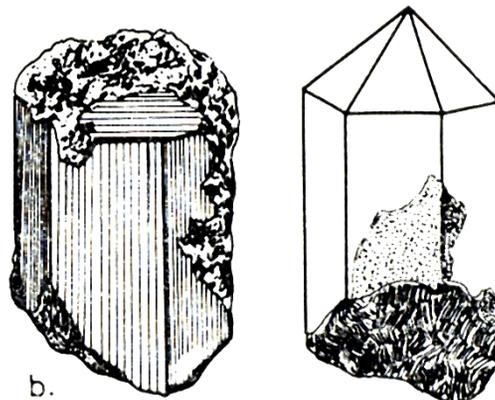
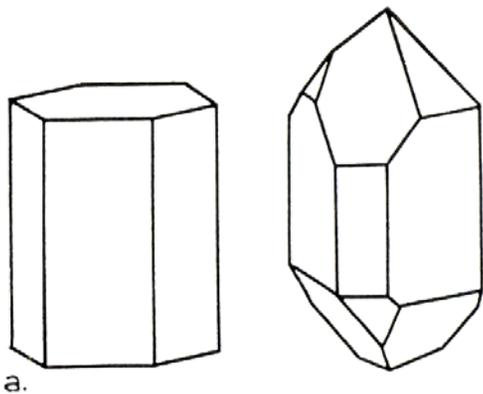
Octahedron {111} and Cube {001}



Cube {001}



Como se designam os cristais quanto à forma ?



EUÉDRICOS

Crescimento totalmente **livre**
(situação rara)

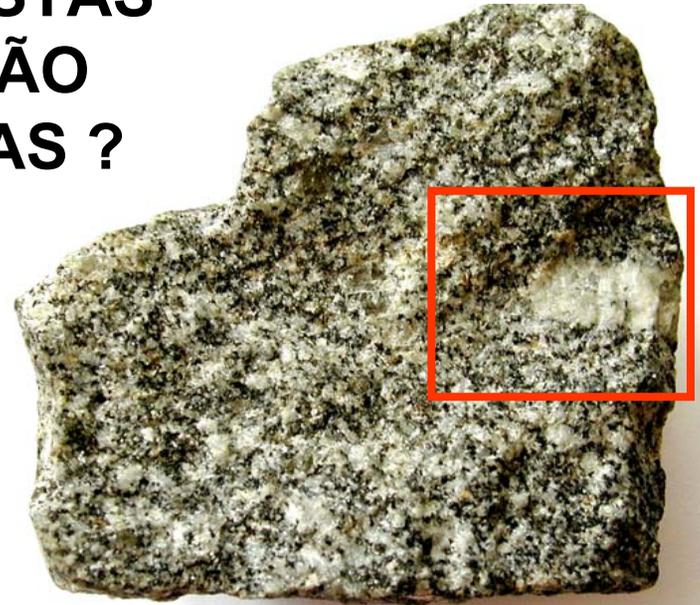
SUBEUÉDRICOS

Crescimento **parcialmente condicionado**
(situações especiais)

ANÉDRICOS

Crescimento **fortemente condicionado** pelos cristais envolventes
(muito comum)

**SERÁ QUE ESTAS
ROCHAS SÃO
CRISTALINAS ?**



SIENITO NEFELÍNICO DA SERRA DE MONCHIQUE

Nefelina

Feldspato

Minerais negros:
Anfíbolas e/ou piroxenas
e/ou magnetite + ...



...E ESTA ROCHA SERÁ TOTALMENTE CRISTALINA ? COMO SABER?



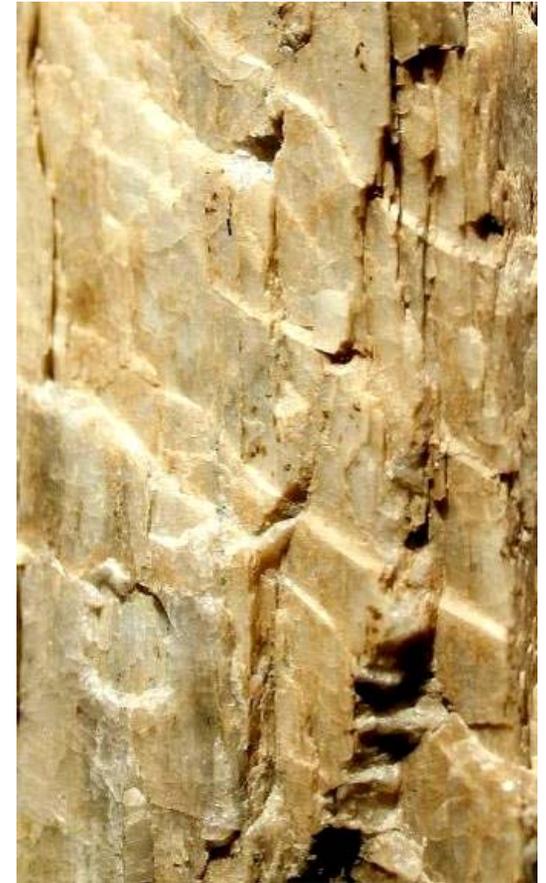
**Formas geométricas
– um critério de confirmação da cristalinidade**

mas nem sempre possível quando os cristais são pequenos



Variedade
kunzite

**Será possível que estas
duas fotos sejam da
mesma espécie mineral?**



Procura em www.e-escola.pt Química tópico – minerais – **espodumena**

<http://www.mindat.org/> <http://www.webmineral.com/> <http://theodoregray.com>

Que elementos de simetria se podem encontrar num cristal ?

Centro de simetria (i)

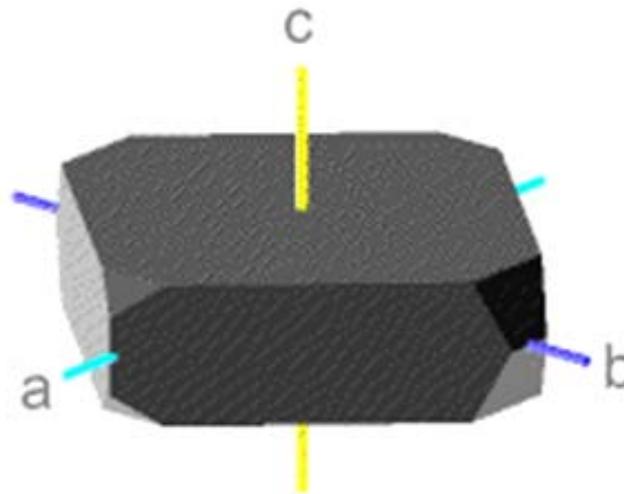
Eixos de simetria

Rotação : 1,2,3,4,6

Roto-inversão: 1,2,3,4,6

Planos de simetria (m)

Topázio

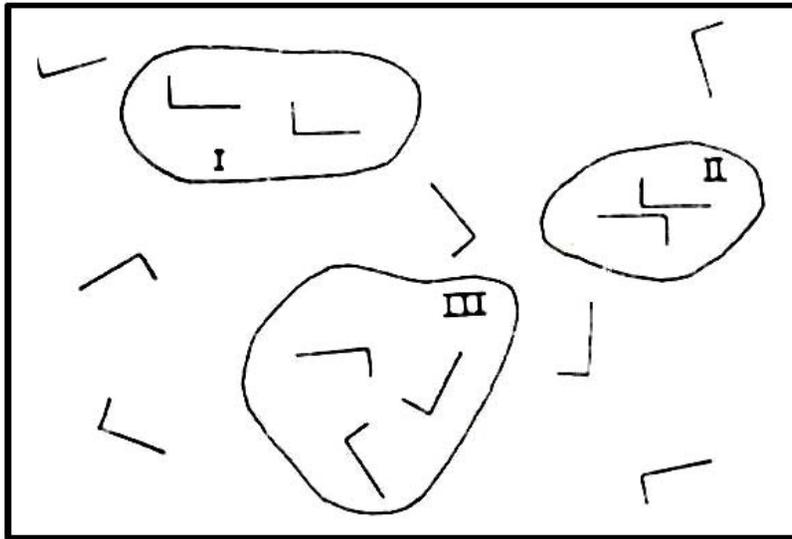


2/m 2/m 2/m

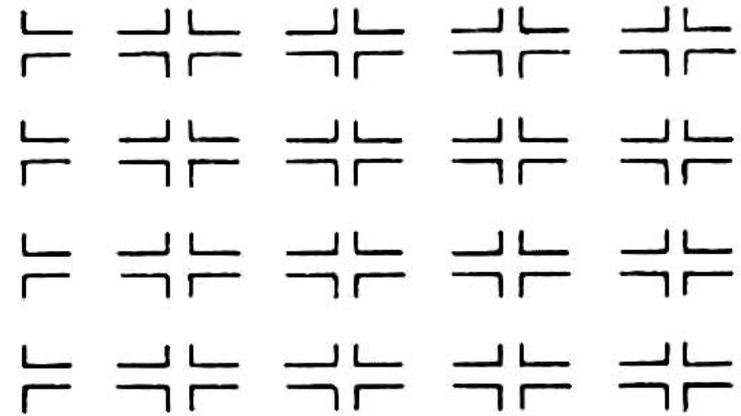


Cada Classe de Simetria (32) tem os seus elementos próprios !

Simetria no Plano ?



a.



b.

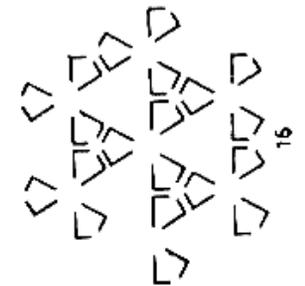
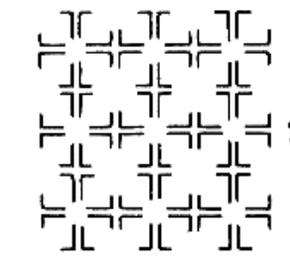
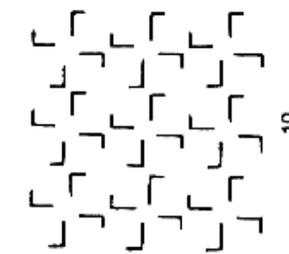
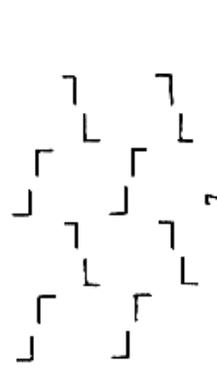
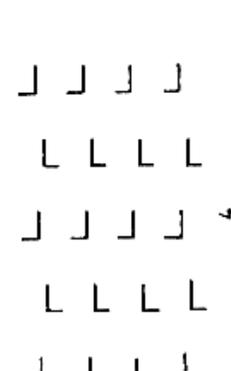
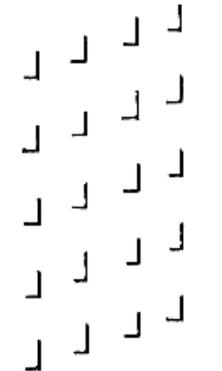
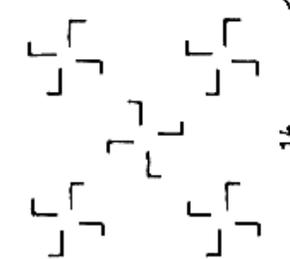
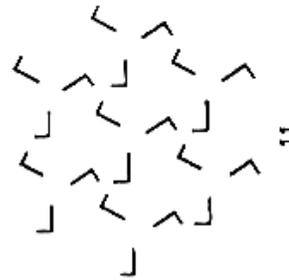
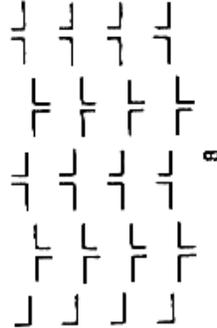
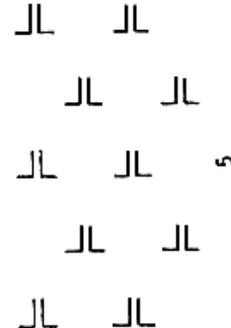
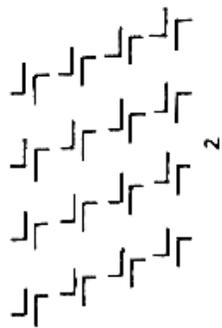
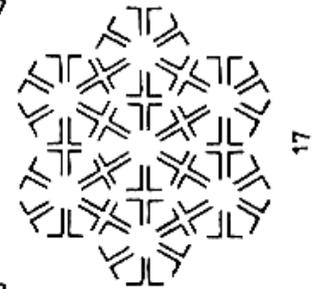
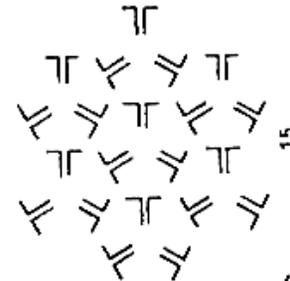
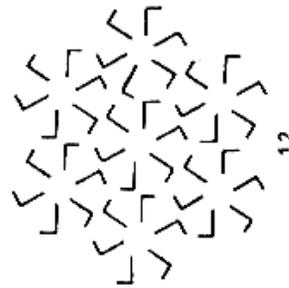
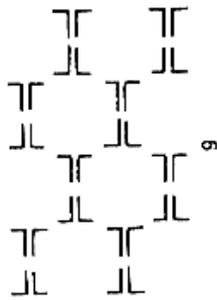
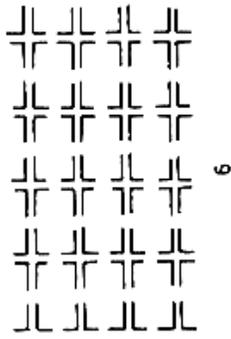
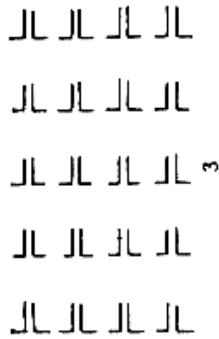
Repetição de um motivo (L) num espaço a duas dimensões.

a. Construção assimétrica.

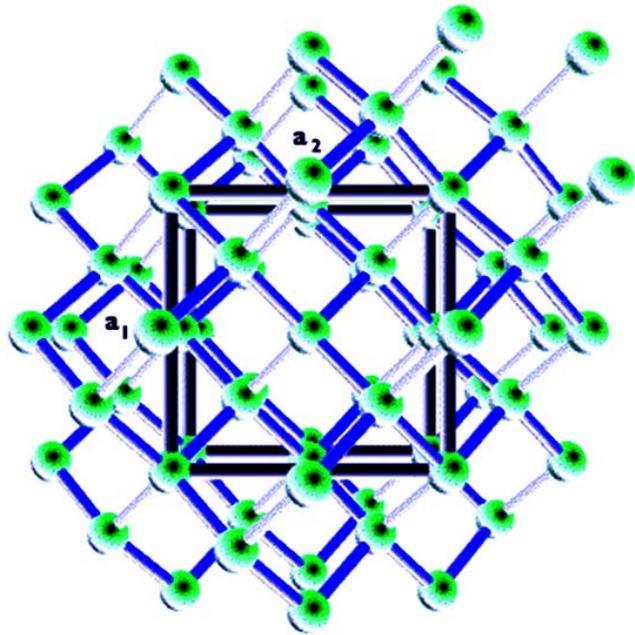
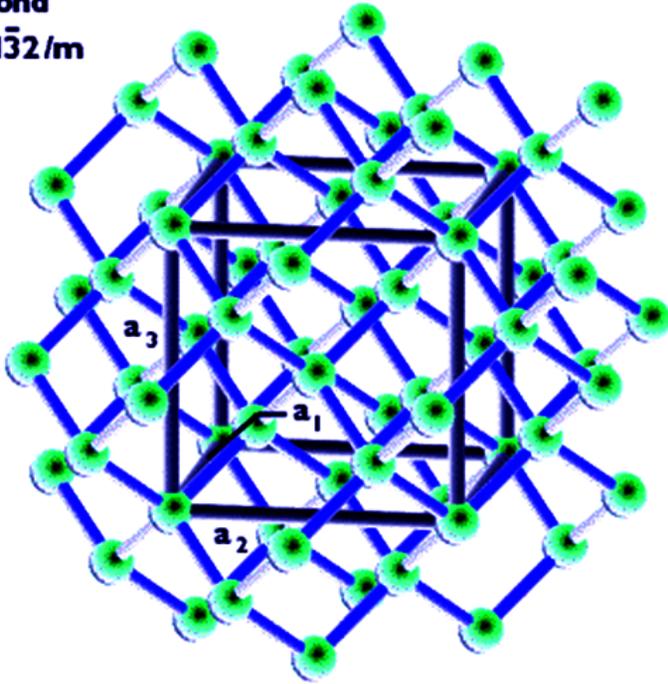
b. Construção simétrica.

Simetria no Plano

17 tipos distintos possíveis de configurações simétricas

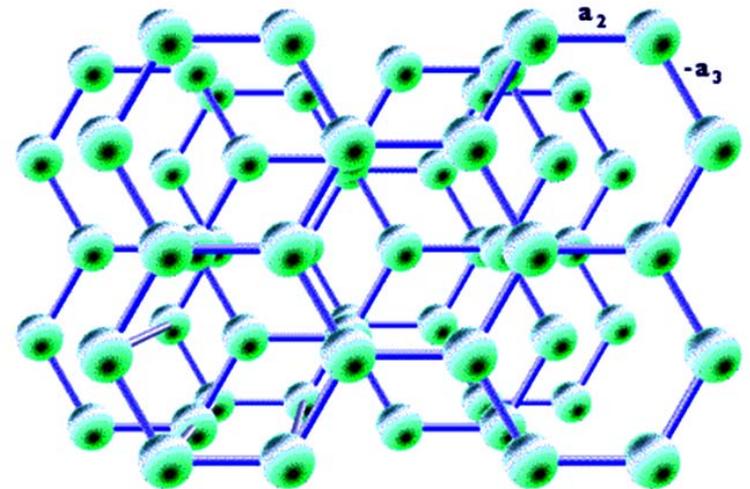
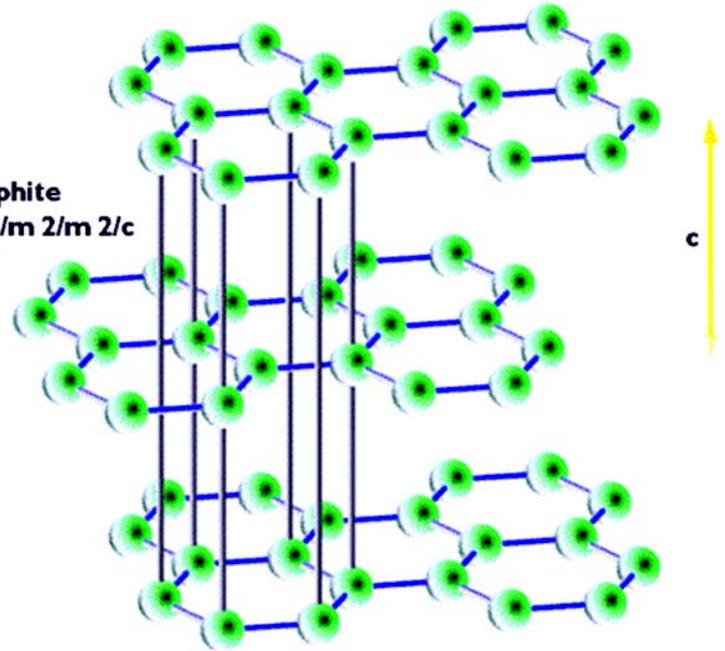


Diamond
 $F4_1/d\bar{3}2/m$



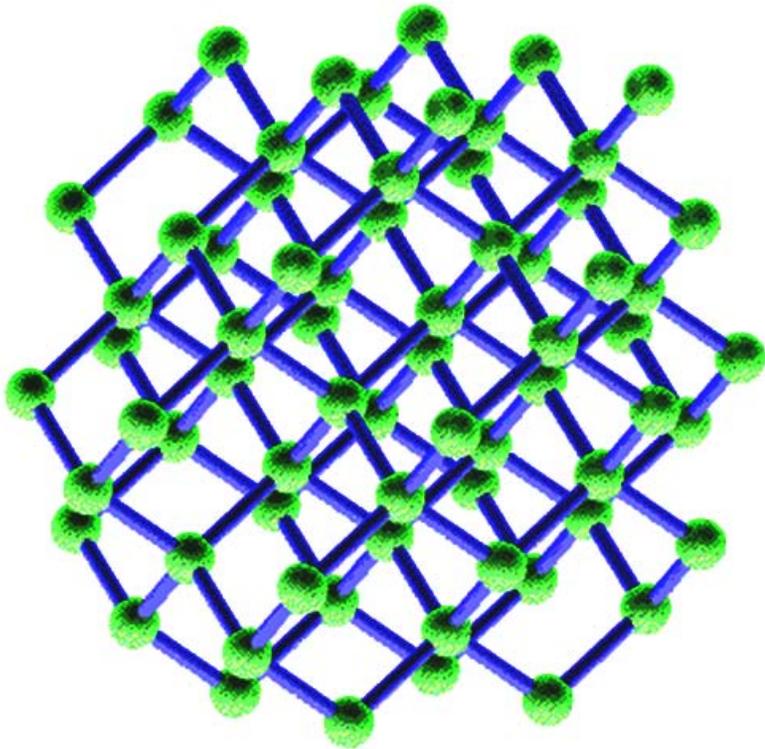
Polimorfos de Carbono

Graphite
 $P6_3/m 2/m 2/c$

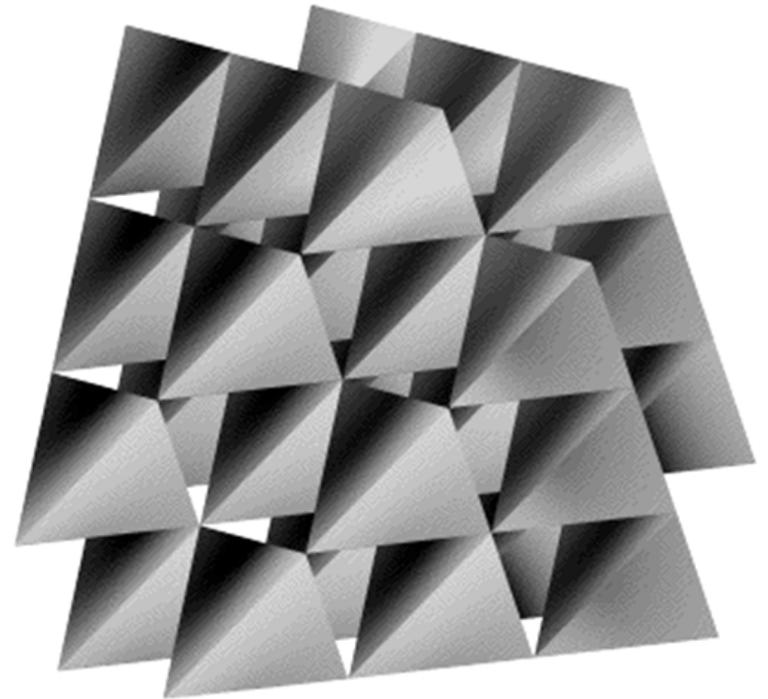


Representações gráficas de estruturas minerais

Diamante



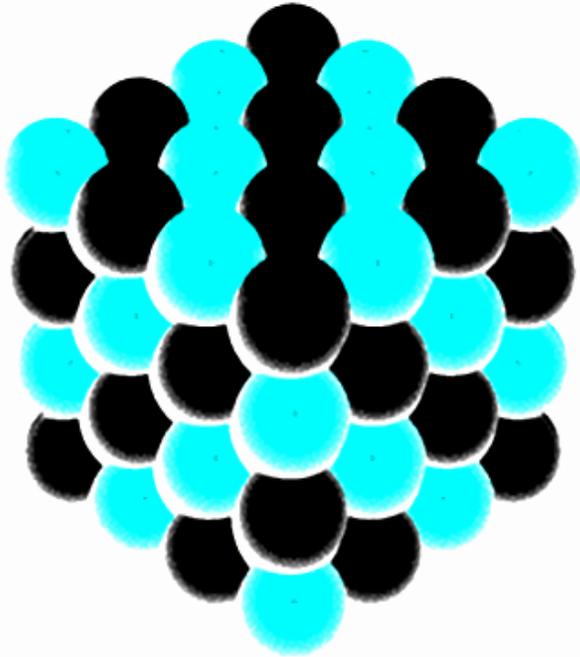
Bolas e hastes



Poliedros de coordenação

ESTRUTURA DA HALITE (NaCl)

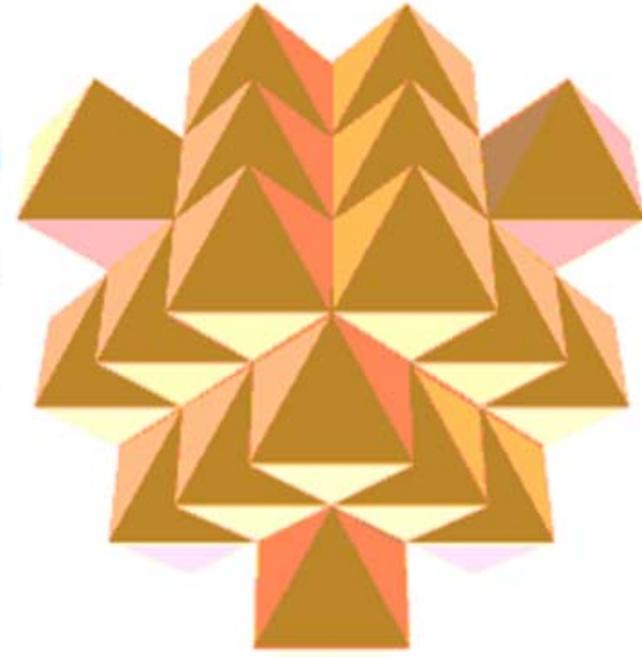
3 TIPOS DE MODELOS DE REPRESENTAÇÃO GRÁFICA



Esferas
compactas



Bolas e
hastes



Poliedros de
coordenação



MOSCOVITE

