

LABGESOL
Laboratório de Geologia, Geomorfologia e Solos

Geologia

Aula 3

Minerais

PROF. DR CARLOS AUGUSTO MACHADO
CURSO DE GEOGRAFIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS

O que é um mineral?

Os minerais são os constituintes básicos das rochas. Os geólogos definem mineral como uma substância de ocorrência natural, formado inorganicamente, com composição química definida e arranjo atômico interno ordenado.

A estrutura dos átomos:

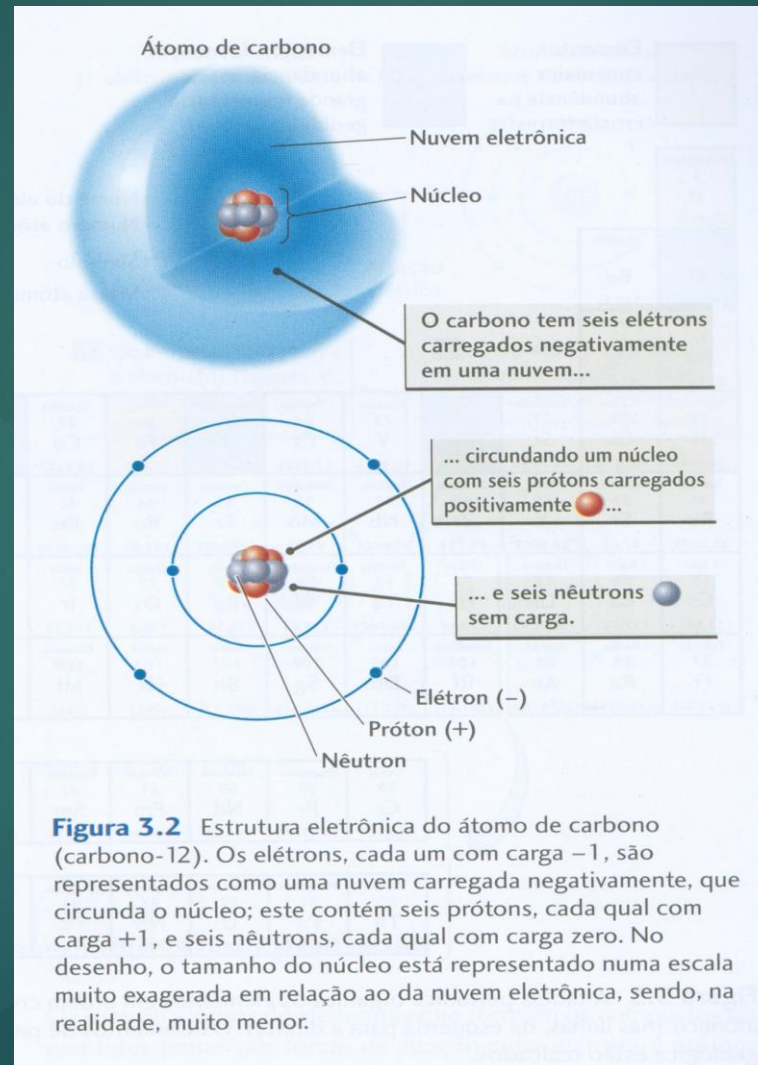
O núcleo: prótons e nêutrons – no centro de cada átomo há um núcleo denso, no qual está contida toda a massa do átomo, e que é composto de dois tipos de partículas: prótons e nêutrons.



Estrutura atômica da matéria

O **próton** tem uma carga elétrica positiva (+1). O nêutron é eletricamente neutro. Os átomos de um mesmo elemento químico podem ter diferentes números de nêutrons, mas o número de prótons não varia.

Elétrons: circundando o núcleo há uma nuvem de partículas em movimento, os elétrons, cada qual com uma massa tão pequena que, por convenção, é considerada igual a zero. Cada elétron tem uma carga elétrica -1 . O número de prótons de qualquer átomo é balanceado pelo mesmo número de elétrons da nuvem que circunda o núcleo: portanto, um átomo é eletricamente neutro.



Número atômico e massa atômica

O número de prótons do núcleo de um átomo é chamado **número atômico**. Como todos os átomos de um mesmo elemento tem igual número de prótons, então, eles também tem o mesmo número atômico.

A **massa atômica** de um elemento é a soma das massas de seus prótons e nêutrons. Embora o número de prótons seja constante, os átomos de um mesmo elemento químico podem ter diferentes números de nêutrons e, portanto, diferentes massas atômicas.

Esses vários tipos de átomos são chamados de **isótopos**.

Reações químicas

A estrutura de um átomo determina suas reações químicas com os demais. As reações químicas são interações entre átomos de dois ou mais elementos químicos em certas proporções fixas, produzindo novas substâncias químicas – os compostos químicos.

Os compostos químicos, tais como os minerais, são formados por **transferências de elétrons** entre átomos reagentes ou por **compartilhamento de elétrons** entre eles.

Na reação entre os átomos de sódio (Na) e cloro (Cl), para formar cloreto de sódio (NaCl), o átomo de sódio perde um elétron, que é transferido para o cloro. Como o átomo de cloro recebeu um elétron com carga negativa, ficou agora carregado negativamente (Cl⁻). Da mesma forma, a perda de um elétron dá ao sódio uma carga positiva (Na⁺).

Tabela Periódica

80 Para Entender a Terra

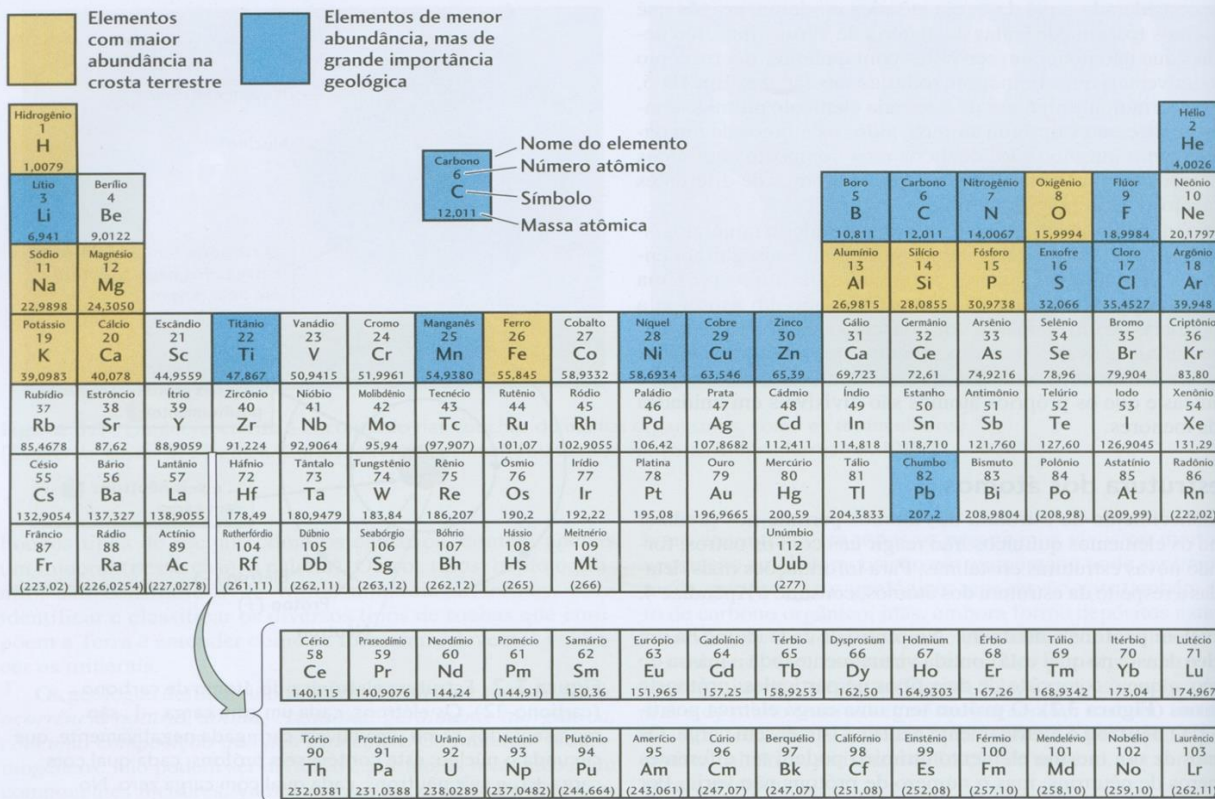


Figura 3.3 A tabela periódica organiza os elementos em ordem crescente de número atômico (nas linhas, da esquerda para a direita). Os elementos de particular importância geológica estão realçados.

Geologia

Aula 3 Minerais

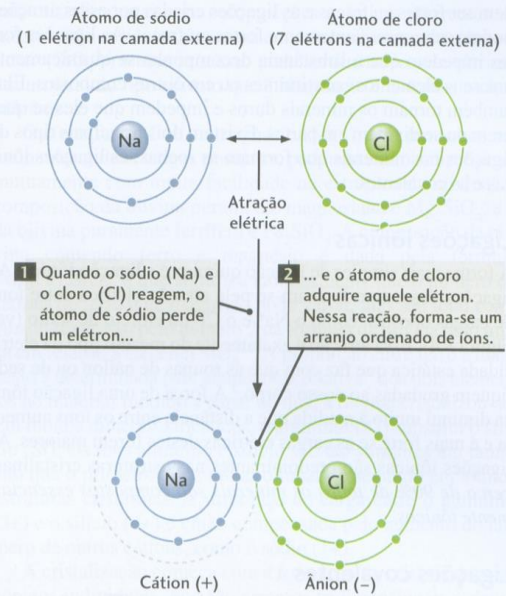
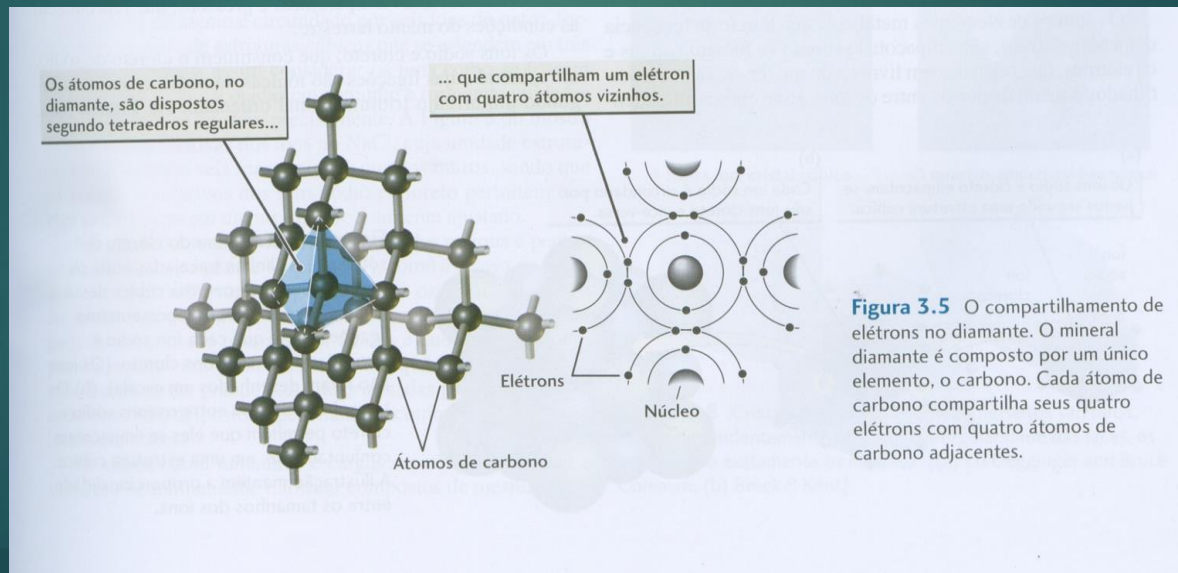


Figura 3.4 O sal de cozinha, NaCl, é formado pela reação entre átomos de cloro e de sódio. [C. D. Winter/Photo Researchers]

Os átomos que não reagem por meio de perdas ou ganhos de elétrons combinam-se quimicamente por compartilhamento de elétrons. O carbono e o silício, dois dos mais abundantes elementos da crosta, tendem a formar compostos por meio de compartilhamento de elétrons.



Ligações Químicas

Os íons ou átomos de elementos que formam os compostos são mantidos juntos por forças de atração entre elétrons e prótons, que chamamos de ligações químicas. As atrações químicas entre elétrons compartilhados ou elétrons cedidos ou ganhos podem ser fortes ou fracas e as ligações criadas por essas atrações podem ser consequentemente fortes ou fracas.

Existem três tipos de ligações nos minerais que formam as rochas: **as ligações iônicas, as covalentes e metálicas.**

Ligações iônicas: é a forma mais simples de ligação química. As ligações desse tipo formam-se pela atração elétrica entre íons de cargas opostas, como o Na^+ e o Cl^- no cloreto de sódio.

A força de uma ligação iônica diminui muito à medida que aumenta a distância entre os íons e é mais forte se as cargas elétricas destes forem maiores.

Ligações covalentes: os elementos que não ganham nem perdem elétrons facilmente para formar íons e que, ao invés disso, formam compostos por compartilhamento eletrônico ligam-se uns aos outros por meio de ligações covalentes, que são, em geral, mais fortes que as ligações iônicas. Ex: diamante.

Ligações metálicas: é quando todos os elétrons são compartilhados; o mineral se comporta como uma nuvem eletrônica. Ex: Au (ouro).

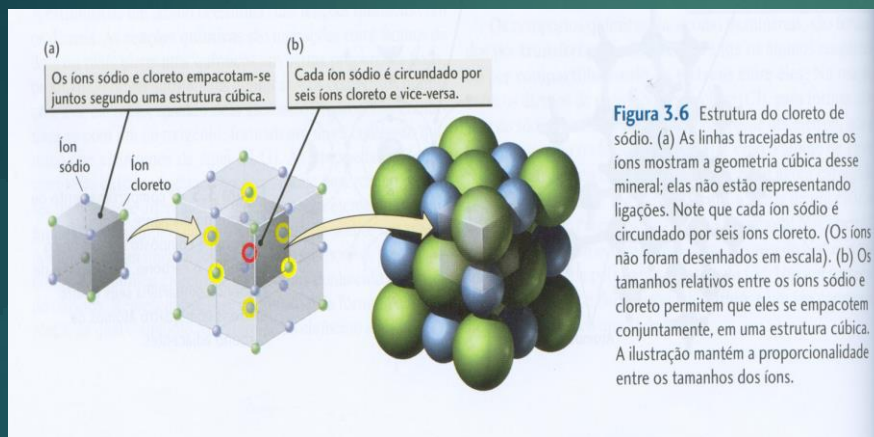
A Estrutura Atômica dos Minerais

Os minerais formam-se pelo processo de cristalização, que é o crescimento de um sólido a partir de um gás ou líquido cujos átomos constituintes agrupam-se segundo proporções químicas e arranjos cristalinos adequados.

De acordo com ângulo das ligações e a distância entre os átomos que constituem o mineral, os minerais podem cristalizar-se em **sete sistemas cristalinos: cúbico, monoclínico, triclínico, rômboico, trigonal, tetragonal e hexagonal.**

Geologia

Aula 3 Minerais



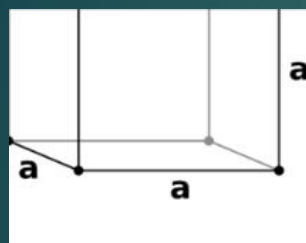
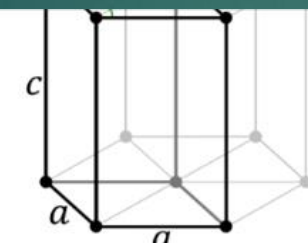
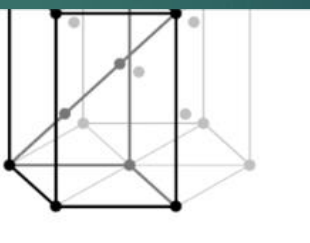
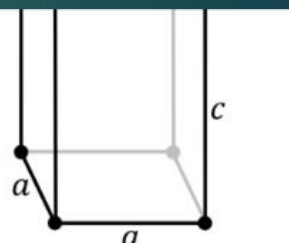


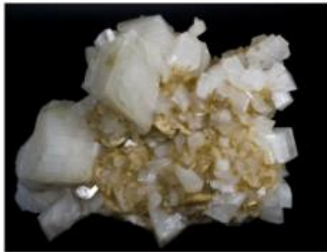

CÁTIONS		ÂNIONS	
Silício (Si ⁴⁺)	0,27	Oxigênio (O ²⁻)	1,40
Alumínio (Al ³⁺)	0,53		
Ferro (Fe ³⁺)	0,65	Cloreto (Cl ⁻)	1,81
Magnésio (Mg ²⁺)	0,72		
Ferro (Fe ²⁺)	0,73	Sulfeto (S ²⁻)	1,84
Sódio (Na ⁺)	0,99		
Cálcio (Ca ²⁺)	1,00		
Potássio (K ⁺)	1,38		

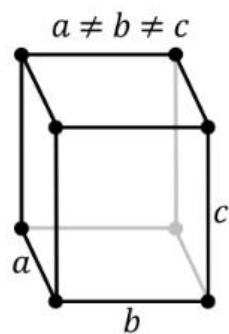
Figura 3.7 Os tamanhos dos íons, na forma em que são comumente encontrados em minerais formadores de rocha. Os raios iônicos são dados em 10⁸⁺ cm. [Fonte: L. G. Berry, B. Mason and R. V. Dietrich, *Mineralogy*. San Francisco: W. H. Freeman, 1983]

A cristalização dos minerais começa com a formação de cristais microscópicos individuais, que são arranjos tridimensionais ordenados de átomos, nos quais o arranjo básico repete-se em todas as direções. Os limites dos cristais são superfícies planas chamadas de **faces cristalinas**.

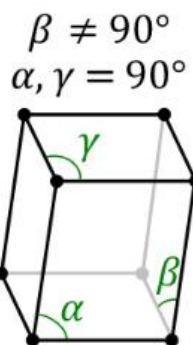
As faces cristalinas de um mineral são a expressão externa da estrutura atômica interior.



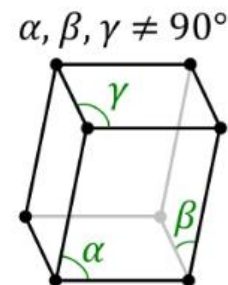
			
			
Cúbico	Hexagonal	Trigonal	Tetragonal



Ortorómbico



Monoclínico



Triclínico

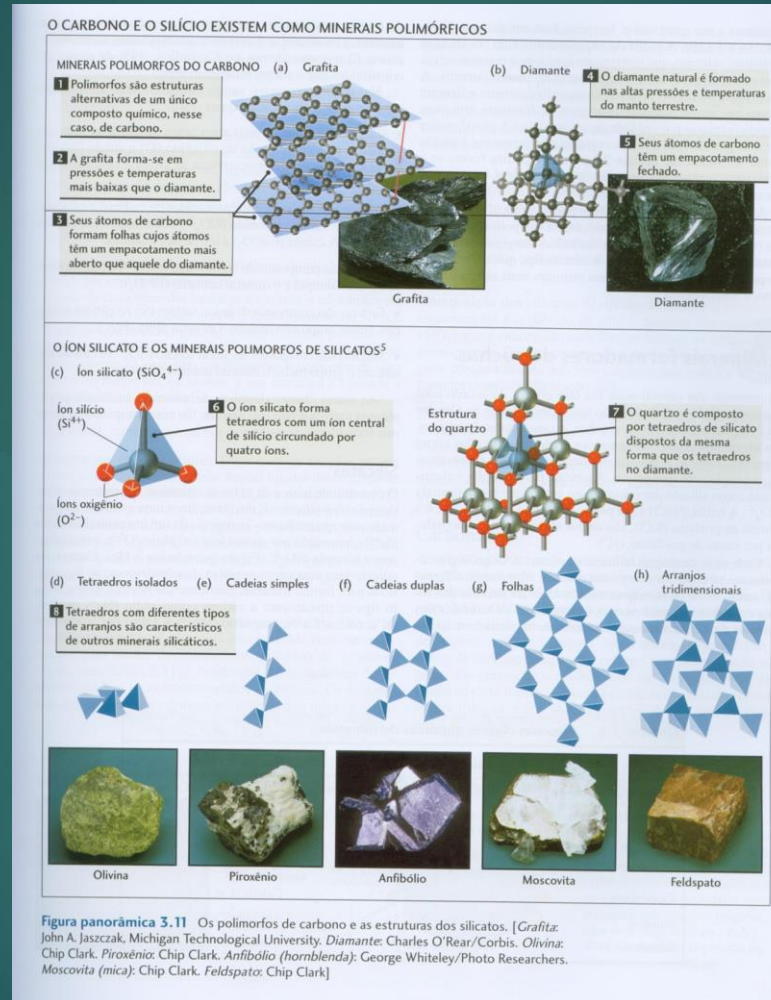
Quando se formam os minerais?

Os minerais se formam a partir do resfriamento do magma; podem também se formar a partir da evaporação de uma solução rica em solutos e também pelo congelamento (gelo).

Polimorfismo: minerais que possuem a mesma composição química e estrutura cristalina diferente. Ex: grafita e diamante (C).

Geologia

Aula 3 Minerais



Minerais formadores de rochas

Os minerais são classificados em oito grupos de acordo com sua composição química.

Embora se conheçam milhares de minerais, os geólogos comumente se deparam com pouco mais de 30 minerais diferentes, sendo estes os principais constituintes da maioria das rochas crustais e, por esse motivo, denominados de **minerais formadores de rochas**.

O pequeno número de minerais formadores de rochas existentes é consequência do reduzido número de elementos encontrados dentre os mais abundantes da crosta terrestre. 99% da crosta são constituídos por apenas nove elementos.

Principais elementos químicos presentes na Terra

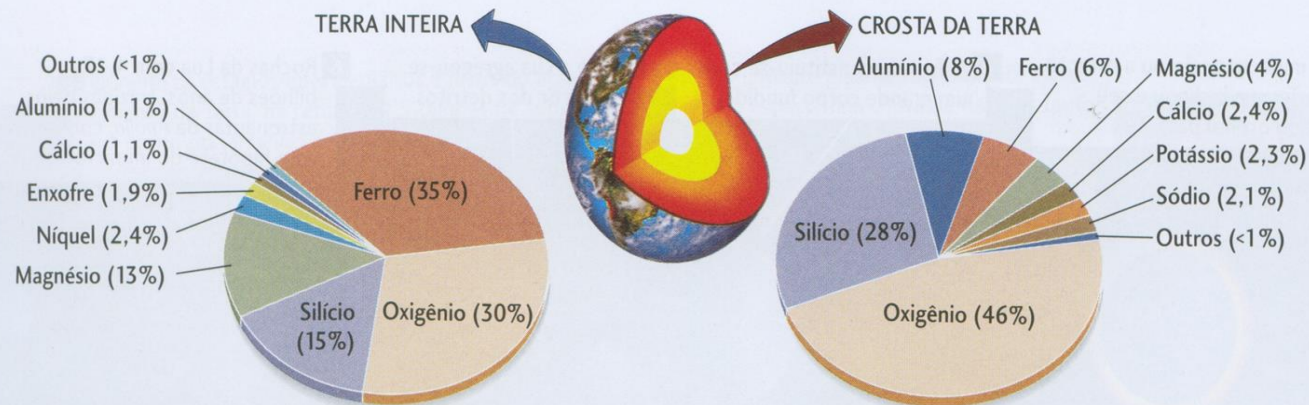


Figura 1.7 A abundância relativa dos elementos da Terra inteira comparada com a dos elementos da crosta é dada em percentuais de peso. A diferenciação criou uma crosta leve, empobrecida de ferro e rica em oxigênio, silício, alumínio, cálcio, potássio e sódio.

Apenas quatro elementos constituem cerca de 90% da Terra: ferro, oxigênio, silício e magnésio. Observe que o oxigênio, o silício e o alumínio, sozinhos, formam mais de 80% da crosta.

Grupos de minerais mais comuns:

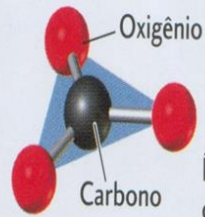
- **Silicatos:** os minerais mais abundantes da crosta terrestre, são formados pela combinação de oxigênio (O) e silício (Si) – os dois elementos de maior ocorrência na crosta – com cátions de outros elementos;
- **Carbonatos:** são minerais constituídos de carbono e oxigênio na forma de ânion carbonato (CO_3^{2-}) combinado com cálcio e magnésio. A calcita (CaCO_3) é um desses minerais;
- **Óxidos:** são compostos de ânion oxigênio (O^{2-}) e cátions metálicos; um exemplo é o mineral hematita (Fe_2O_3);
- **Sulfetos:** são compostos de ânion sulfeto (S^{2-}) e cátions metálicos. Nesse grupo está a pirita (FeS_2);
- **Sulfatos:** são compostos de ânion sulfato (SO_4^{2-}) e cátions metálicos; o grupo inclui o mineral anidrita (CaSO_4).

Carbonatos

(a) Calcário



(b) Íon carbonato (CO_3^{2-})



Carbonato e cálcio dispõem-se segundo folhas alternadas.

(c) Estrutura do carbonato de cálcio

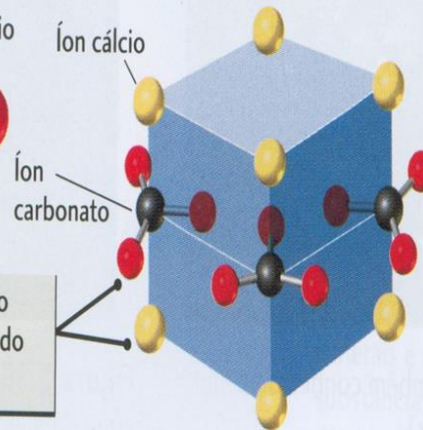


Figura 3.12 Os carbonatos, como a calcita (carbonato de cálcio, CaCO_3), têm uma estrutura em camadas. (a) Calcário. [Leonard Lessin/Peter Arnold Inc.] (b) Vista de topo do constituinte básico do carbonato, que é constituído por um íon carbono circundado, em um triângulo, por três íons oxigênio, com uma carga total de -2 . (c) Vista das camadas alternadas de íons cálcio e carbonato.

Calcita



Silicato (ametista)



Quartzo



Sulfeto



Galena



Pirita

Elementos nativos



Ouro



Cobre

Halogenetos (fluorita)



Muscovita (Filosilicato)



Biotita



Turmalina (silicato)



Propriedades Físicas dos Minerais

Dureza: é a facilidade com que a superfície de um mineral pode ser riscada. Lembre-se de que as ligações covalentes são geralmente mais fortes que as iônicas. A dureza de um mineral depende da força de suas ligações químicas: quanto mais forte as ligações, mais duro ele será.

Quadro 3.2 Escala de dureza de Mohs

Mineral	Número na escala	Objetos comuns
Talco	1	
Gipsita	2	— Unha
Calcita	3	— Moeda ¹¹ de cobre
Fluorita	4	
Apatita	5	— Lâmina de uma faca
Ortoclásio	6	— Vidro de janela
Quartzo	7	— Estilete de aço ¹²
Topázio	8	
Coríndon	9	
Diamante	10	

Clivagem:

É a tendência que um cristal apresenta de partir-se segundo superfícies planares. A perfeição dessas superfícies varia inversamente com a força das ligações.

As clivagens são classificadas de acordo com dois grupos de características: (1) número de planos e padrão de clivagem; (2) qualidade dos planos de clivagem e facilidade com que o cristal se separa ao longo desses planos.

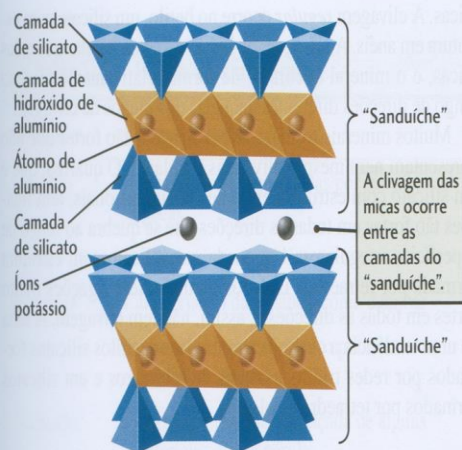


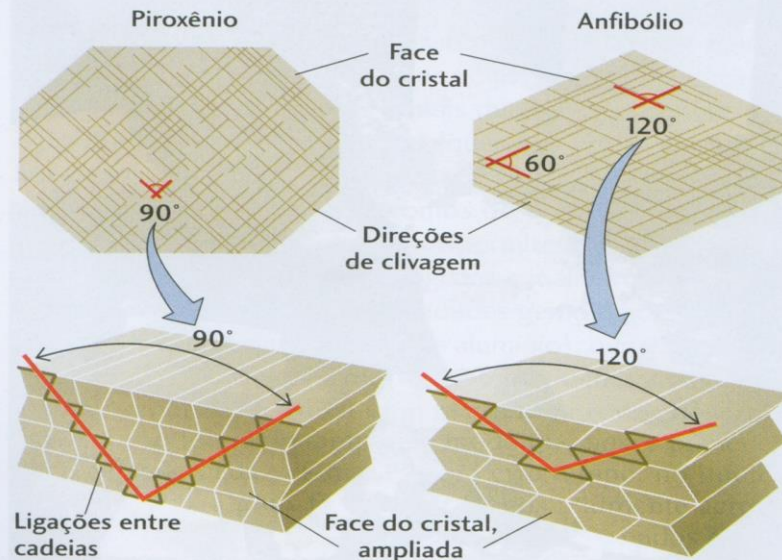
Figura 3.17 A clivagem da mica. O diagrama mostra os planos de clivagem na estrutura do mineral, orientados perpendicularmente ao plano da página. As linhas horizontais marcam as interfaces entre as folhas de tetraedros de sílica-oxigênio e as folhas de hidróxido de alumínio. Estas últimas ligam



as duas camadas tetraédricas como se fossem um "sanduíche". Os planos de clivagem localizam-se entre esses "sanduíches" compostos de tetraedros de sílica e de hidróxido de alumínio. A fotografia mostra as finas folhas que se separam ao longo de planos de clivagem. [Chip Clark]



Figura 3.18 Exemplo de clivagem romboédrica na calcita. A calcita pode ser clivada por uma leve martelada dada em um formão orientado em direção paralela a um de seus planos de clivagem. [Chip Clark]



Os piroxênios são minerais de silicatos. Quando as ligações fracas entre as cadeias se rompem, o ângulo formado é de cerca de 90°.

Os anfibólios são silicatos de cadeias duplas. Quando as ligações fracas entre as cadeias se rompem, o ângulo formado é de cerca de 120°.

Figura 3.19 Comparação entre as direções de clivagem e as faces típicas de piroxênios e anfibólios. Esses dois minerais são muito parecidos entre si, mas seus ângulos de clivagem são diferentes. Esses ângulos frequentemente são usados para sua identificação e classificação.

Fratura

É a tendência que os cristais tem de quebrar-se ao longo de superfícies irregulares ao invés de utilizarem planos de clivagem.

Brilho:

É a capacidade que cada mineral possui de refletir a luz incidente. O brilho é controlado pelos tipos de átomos e pelas ligações entre eles.

Quadro 3.3 Brilho dos minerais

Brilho	Características
Metálico	Reflexões fortes produzidas por substâncias opacas
Vítreo	Brilhante como o do vidro
Resinoso	Característico das resinas, como o âmbar
Graxo	Como se estivesse recoberto por uma substância oleosa
Nacarado	É a iridescência esbranquiçada de alguns materiais como a pérola
Sedoso	O lustro dos materiais fibrosos, como a seda
Adamantino	O brilho intenso do diamante e de minerais parecidos

Cor

A cor de um mineral é conferida pela luz refletida ou transmitida. É determinada tanto pelos tipos de átomos encontrados no mineral puro quanto pelos traços de impurezas presentes. Estes átomos presentes absorvem determinados comprimentos de onda do espectro luminoso e refletem aqueles comprimentos que nos dão a sensação das cores.

Traço

Refere-se à cor do fino depósito de pó que é deixado quando ele é raspado sobre uma superfície abrasiva, tal como uma placa de porcelana não-vitrificada.

Densidade: depende da massa atômica dos íons que compõem um mineral e da proximidade com a qual eles estão empacotados em sua estrutura cristalina – massa por unidade de volume – g/cm^3

