

## Propriedades Físicas dos Minerais

As propriedades físicas dos minerais são o resultado direto de sua composição química e de suas características estruturais. Existe um conjunto de propriedades físicas que podem ser examinadas ou testadas rapidamente, com auxílio de instrumentos simples como um ímã, uma lupa de mão, um canivete e uma placa de porcelana. Com, freqüência estas propriedades são suficientes para a identificação de um mineral desconhecido e, pela facilidade de seu estudo, são de emprego corriqueiro por mineralogistas, tanto no campo como em laboratório.

As propriedades a serem estudadas nesta aula e aplicadas nas próximas aulas do curso são as seguintes: hábito, clivagem, partição, fratura, dureza, tenacidade, densidade relativa, magnetismo, cor, traço e brilho.

**1 – Hábito** → Por hábito de um mineral se entende a (s) forma (s) com a qual ele aparece freqüentemente na natureza, por exemplo: como prismas alongados; como cristais tabulares (achatados); como agregados cristalinos com arranjos geométricos característicos; ou mesmo como grãos sem uma forma definida. Muitas espécies minerais ocorrem preferencialmente com um determinado hábito. Por exemplo, cristais de magnetita –  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  – são freqüentemente octaédricos, pirita –  $\text{FeS}_2$  – comumente ocorre como cristais em forma de cubos, e as micas ocorrem como lamelas. Embora nem sempre um determinado mineral tenha que apresentar seu hábito característico, o fato de que isto ocorra com freqüência é de grande auxílio na sua identificação.

A lista a seguir inclui os termos mais comumente usados na descrição do hábito dos minerais.

- **Prismático** – os cristais do mineral são freqüentemente constituídos por prismas (ou combinações de mais de um prisma). Usualmente são empregados adjetivos para qualificar os cristais prismáticos, como **colunares** (prismas alongados, com uma direção – geralmente coincidente com o eixo c – mais desenvolvida que as demais), **aciculares** (muito alongados e finos, com forma que lembra uma agulha), **fibrosos, capilares ou filiformes** (ainda mais finos, lembrando fios de cabelo) **tabulares** (achatados, com duas direções mais bem desenvolvidas do que a terceira), **laminares** (alongados e achatados, como a lâmina de uma faca).
- **Cúbico, octaédrico, dodecaédrico, romboédrico, etc** – mineral caracterizado pela ocorrência freqüente de cristais com as formas citadas.
- **Micáceo** – cristais tabulares ou lamelares formados por placas finas (como as micas)
- **Euédrico, subédrico, anédrico** – mineral ocorre comumente como cristais bem formados (euédricos), ou com apenas algumas faces bem desenvolvidas (subédricos), ou ainda como grãos sem faces cristalinas presentes (anédricos – embora deva ser ressaltado que a ausência de formas cristalinas visíveis externamente não signifique que o mineral não possua uma estrutura cristalina ordenada)

Muitos dos termos acima, especialmente os relativos a prismas, podem ser igualmente aplicados a agregados de cristais (por exemplo, agregados colunares, agregados aciculares, etc.). Os seguintes termos são específicos da descrição de agregados cristalinos:

- **Dendrítico** – arborescente, em ramos divergentes, como os de uma planta.
- **Divergente ou radiado** – agregado de cristais (geralmente prismas colunares, aciculares ou tabulares) divergentes a partir de um ponto central. Tipos específicos de agregados radiais podem ser:
  - a) **Globular** – agregados de cristais radiais, formando pequenas superfícies esféricas ou semi-esféricas
  - b) **Botrioidal** – formas globulares assemelhando-se (em tamanho dos glóbulos) a um cacho de uvas
  - c) **Mamelonar** – grandes superfícies arredondadas, semelhantes a mamas, formadas por indivíduos radiais ou divergentes.
  - d) **Reniforme** – agregados radiados terminando em formas arredondadas com forma de rins.

e) **Colomorfo** – termo genérico aplicado a formas arredondadas compostas de agregados radiados, sem levar em conta o tamanho.

- **Granular** – agregado simplesmente composto por grãos (sem nenhuma conotação específica de forma ou tamanho)
- **Concêntrico** – camadas mais ou menos esféricas, superpostas umas às outras.
- **Pisolítico** – massas arredondadas, mais ou menos do tamanho de ervilhas
- **Oolítico** – massa arredondadas, mais ou menos do tamanho de ovas de peixe
- **Bandado** – mineral formado por camadas de diferentes cores ou texturas
- **Maciço** – material compacto, sem formas ou feições especiais.

Outros termos específicos, relacionados ao modo de ocorrência do agregado:

- **Drusa** – superfície coberta de pequenos cristais
- **Geodo** – cavidade (em uma rocha) cuja superfície é coberta de pequenos cristais
- **Concreção** – massas formadas por deposição de material em torno de um núcleo. Algumas concreções são esféricas, mas outras podem ter forma variável.
- **Estalactite** – agregados em cilindros ou cones pendentes (como por exemplo em cavernas)

**2 – Clivagem, partição e fratura** → Um mineral pode apresentar (ou não) tendência a se romper segundo planos preferenciais, quando submetido a um esforço externo. Este comportamento está diretamente relacionado ao tipo de ligação química envolvida e à eventual presença de defeitos ou descontinuidades na estrutura cristalina. Em presença de um esforço externo um cristal poderá apresentar tendência a se romper ao longo de direções em que:

- A força de ligação é menor
- Existem menos ligações por unidade de volume
- Existem defeitos estruturais
- Existe um maior espaçamento interplanar, embora as ligações químicas sejam do mesmo tipo

Clivagem, partição e fraturas são propriedades físicas diferentes. A distinção entre elas é extremamente importante do ponto de vista da identificação de minerais

- **Clivagem** → tendência do mineral partir-se paralelamente a planos atômicos identificados por índices de Miller, tais como faces do cristal. Os planos de clivagem são, portanto, repetitivos desde a escala mesoscópica (do cristal) a escala microscópica e até a escala da própria estrutura cristalina. A clivagem é sempre consistente com a simetria do cristal. Para estudar a clivagem de um mineral não é suficiente apenas reconhecê-la, mas é necessário caracterizá-la em termos de sua orientação e sua qualidade. Em termos de orientação (geometria) a clivagem pode ser descrita por adjetivos que a relacionam com formas cristalinas. Assim, pode-se caracterizar a clivagem como **cúbica** (como na galena – PbS), **octaédrica** (como no diamante – C), **dodecaédrica** (como na esfalerita – ZnS), **romboédrica** (como na calcita – CaCO<sub>3</sub>), **prismática** (como nos piroxênios e anfibólios), **pinacoidal** (como a clivagem basal das micas), etc. Uma outra maneira de expressar esse conceito é utilizando os índices de Miller para a forma cristalina em questão, como {111} para a clivagem octaédrica.

Vimos que a clivagem está intrinsecamente relacionada à estrutura cristalina. Portanto, se um mineral possui uma determinada direção de clivagem, existe o potencial para ocorrerem inúmeros planos de clivagem ao longo daquela direção. Entretanto, nem sempre a clivagem é perfeitamente desenvolvida nos cristais. Assim, deve-se utilizar adjetivos para caracterizar a qualidade da clivagem. Isto é feito de acordo com uma escala comparativa e empírica. Assim, pode-se dizer que uma clivagem é **excelente** (como a clivagem basal das micas e do grafite), **boa**, **pobre** ou **ruim**. Finalmente, alguns minerais se caracterizam pela ausência de clivagem. O quartzo, um dos minerais mais comuns não apresenta clivagem.

- **Partição** → Assim como a clivagem, a partição também está associada a planos cristalográficos, mas não é tão bem desenvolvida. A partição pode ter outras causas, como a presença de planos de geminação no cristal ou ocorrer como resposta à aplicação de pressão. Assim, ao contrário do que ocorre com a clivagem, alguns indivíduos de uma espécie mineral podem apresentar partição enquanto outros não a

possuem. Por exemplo, em uma população de cristais de um determinado mineral, pode ocorrer que apenas os cristais geminados ou submetidos a pressão apresentem planos de partição visíveis. Outro critério útil para distinguir clivagem de partição é o caráter menos penetrativo da última. Por exemplo, um cristal pode se partir ao longo de planos de geminação relativamente espaçados entre si, e ao mesmo tempo fraturar-se de maneira irregular na região entre dois planos de partição. Exemplos comuns de partição incluem a partição octaédrica da magnetita, a partição basal dos piroxênios e a partição romboédrica do corindon.

- **Fratura** → Refere-se à maneira pela qual o mineral se rompe, exceto aquelas controladas pelas propriedades de clivagem e partição. Ocorre quando a força das ligações químicas é mais ou menos a mesma em todas as direções e, portanto, o rompimento não ocorre ao longo de nenhuma direção cristalográfica em particular. Assim, ao estudar as fraturas de um mineral, o **estilo** de fraturamento é a observação importante a ser feita. Alguns minerais apresentam estilos de fratura característicos, o que pode auxiliar na sua identificação. Os termos mais comuns usados para descrever fraturas em um mineral são: **conchoidal** (superfícies lisas e curvas, semelhantes à parte interna de uma concha, comum vidro e no mineral quartzo), **fibrosa** (quando o mineral se rompe formando estilhaços ou fibras), **serrilhada** (superfície denteada, irregular, com bordas cortantes), **irregular** (superfícies rugosas e irregulares).

3 – **Dureza** → Esta é uma das mais importantes propriedades para a identificação de muitos minerais. Define-se como dureza de um mineral a resistência que uma superfície lisa do mineral apresenta a ser “arranhada” (sulcada) por outro material (outro mineral, a ponta de uma faca, etc.). Em última instância, a dureza de um mineral está relacionada à reação da estrutura cristalina à aplicação de esforço sem ruptura.

Em cristais formados essencialmente por ligações metálicas, os quais podem fluir plasticamente, o atrito de um material de dureza mais alta contra a superfície do cristal tende a produzir um sulco. Minerais formados por ligações iônicas ou covalentes tendem a apresentar um comportamento mais rúptil. Ao ser submetidos ao mesmo teste, a produção do sulco poderá ser acompanhada da produção de pó do mineral mais mole.

Em compostos iônicos o tamanho e a carga dos ions envolvidos afetam a dureza do mineral. Assim, para um grupo de substâncias diferentes com o mesmo tipo de estrutura cristalina, quanto maior a distância interiônica e quanto menores as cargas dos ions, mais fraca será a ligação e, conseqüentemente, menor será a dureza do mineral.

É importante ressaltar que a força global de uma estrutura cristalina é dada por uma combinação dos diferentes tipos de ligação química presentes, mas a dureza desta mesma estrutura é uma expressão da sua ligação mais fraca.

A dureza é uma característica de cada mineral, e pode ser avaliada quantitativamente através do uso de equipamentos adequados. Entretanto, sua principal utilidade na identificação mineralógica consiste em estimar qualitativamente a dureza do mineral que se deseja identificar, comparando-o com outros minerais e/ou materiais de dureza conhecida. O teste de dureza baseia-se no fato de que um mineral de dureza mais alta é capaz de provocar um sulco em um mineral de dureza mais baixa, mas o segundo não é capaz de sulcar o primeiro.

O mineralogista austríaco F. Mohs idealizou uma escala de dureza com base em dez minerais relativamente comuns, aos quais atribuiu graus de dureza relativa de um a dez. Esta escala ficou conhecida como Escala de Dureza de Mohs e é de uso corrente entre mineralogistas e outras pessoas interessadas na identificação de minerais. Os minerais da escala de Mohs são listados abaixo, em ordem crescente de dureza:

- 1 – Talco
- 2 – Gipso (= gipsita)
- 3 – Calcita
- 4 – Fluorita
- 5 - Apatita
- 6 – Ortoclásio
- 7 – Quartzo
- 8 – Topázio
- 9 – Corindon
- 10 – Diamante

Portanto, se um mineral que se deseja identificar é capaz de sulcar a fluorita, mas não sulca a apatita, pode-se dizer que este mineral tem uma dureza entre 4 e 5. Um grupo de materiais de fácil acesso pode ser usado para testar dureza, em complemento aos minerais da escala. Assim, a unha humana possui dureza pouco acima de 2 (sulca talco e gipsita, mas não sulca calcita); o cobre tem dureza pouco abaixo de 3; o aço comum tem dureza pouco acima de cinco; o vidro comum tem dureza  $5\frac{1}{2}$ , o aço temperado tem dureza  $6\frac{1}{2}$  etc. Ao avaliar a dureza de qualquer mineral é imprescindível realizar o teste nos dois sentidos (ou seja tentar sulcar o mineral A com o mineral B e vice-versa), porque um mineral excessivamente friável (pulverulento) ou quebradiço pode ser fisicamente desagregado por outro, mesmo que este possua dureza mais baixa.

Em termos de dureza absoluta, a progressão de talco (dureza 1) até diamante (dureza 10) não é linear, mas segue uma curva exponencial, de tal maneira que a diferença de dureza entre o diamante (10) e o corindon (9) é muito maior do que a diferença de dureza entre a gipsita (2) e o talco (1).

Como a dureza é uma propriedade direcional, alguns minerais possuem dureza diferente segundo direções cristalográficas distintas. Quando ocorre, este fato frequentemente auxilia na identificação do mineral. Por exemplo, os cristais de cianita possuem dureza igual a 5 na direção do comprimento e dureza igual a 7 na direção perpendicular ao comprimento.

**4 – Tenacidade** → A tenacidade é uma medida da coesão de um mineral, ou seja, a sua resistência a ser quebrado, esmagado, dobrado ou rasgado. A tenacidade não guarda necessariamente relação com a dureza. O exemplo clássico desta diferença é o diamante, que possui dureza muito elevada mas tenacidade relativamente baixa, quando submetido a um impacto. Os seguintes termos qualitativos são usados para expressar tenacidade de um mineral:

- **Quebradiço** → o mineral se rompe ou é pulverizado com facilidade
- **Maleável** → o mineral pode ser transformado em lâminas, por aplicação de impacto
- **Séctil** → o mineral pode ser cortado por uma lâmina de aço
- **Dúctil** → o mineral pode ser estirado para formar fios
- **Flexível** → o mineral pode ser curvado, mas não retorna a sua forma original, depois de cessado o esforço
- **Elástico** → o mineral pode ser curvado, mas volta à sua forma original, depois de cessado o esforço

Propriedades como ductilidade, sectilidade e maleabilidade são típicas de materiais constituídos por ligações metálicas. Neste tipo de ligação o material é considerado como cátions imersos em uma nuvem de elétrons de alta mobilidade. Quando é aplicado um esforço externo, os cátions podem mover-se relativamente uns aos outros sem necessariamente originar forças eletrostáticas repulsivas (e, conseqüentemente, sem perder coesão). O comportamento flexível é típico de minerais com estruturas em folha, como talco e clorita, onde as folhas são unidas entre si por forças de van der Waals ou pontes de hidrogênio (quando submetida a um esforço externo, a estrutura desliza ao longo dessas ligações mais fracas). Um outro grupo de minerais com estrutura em folha, as micas, apresenta propriedades elásticas, porque nestes minerais as camadas da estrutura são mantidas unidas entre si por ligações iônicas envolvendo álcalis como  $K^+$  (consideravelmente mais fortes do que as forças de van der Waals)

**5 - Densidade relativa** → definida como a relação entre o peso do mineral e o peso de um volume igual de água pura, é um número adimensional, e não tem o mesmo significado que peso específico (medido em unidades de peso por unidade de volume). A densidade relativa é característica para cada mineral, e depende basicamente de dois fatores: os elementos químicos que constituem o mineral e a maneira como estes elementos estão arranjados dentro da estrutura cristalina. Os efeitos destes fatores podem ser facilmente avaliados comparando-se: a) minerais com estrutura semelhante mas composição distinta, como os carbonatos ortorrômbicos de Ca, Sr, Ba e Pb, onde a densidade relativa aumenta com o aumento do peso atômico do cátion, de 2,95 na aragonita ( $CaCO_3$ ) até 6,55 na cerussita ( $PbCO_3$ ). Por outro lado, a diferença de densidade relativa entre o carbono puro na forma de grafite (2,2) e de diamante (3,5) ilustra o efeito da estrutura cristalina sobre esta propriedade. Existem vários métodos de determinação quantitativa de densidade em minerais, com o uso de equipamentos adequados (balança de Jolly, balança de Berman, picnômetro), líquidos pesados (bromofórmio, iodeto de metileno, etc.), ou cálculos com base na cela unitária do mineral, os quais não serão discutidos aqui. Para um reconhecimento expedito, entretanto, pode-se estimar a densidade relativa por comparação entre amostras de diferentes minerais. Associada ao estudo de outras propriedades físicas,

esta análise comparativa de densidade é muitas vezes uma ferramenta fundamental na identificação de minerais.

**6 – Magnetismo** → Materiais que apresentam a propriedade de ser atraídos por um ímã são chamados de ferromagnéticos. O número de minerais que apresentam esta propriedade é muito pequeno. Dentre os minerais comuns na natureza, apenas a magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) e a pirrotita ( $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ ) apresentam esta propriedade. Portanto, quando presente em um mineral, o magnetismo é de extrema utilidade na identificação. Adicionalmente, o fato de que diferentes minerais possuem diferentes susceptibilidades magnéticas permite a separação física de grãos de minerais distintos mediante o uso de equipamentos

Ao ser aquecidos acima de uma temperatura específica, os materiais ferromagnéticos perdem suas fortes propriedades magnéticas, que são substituídas por um magnetismo comparativamente mais fraco (paramagnetismo). A temperatura à qual esta mudança ocorre é conhecida como “temperatura de Curie”. Para a magnetita, este fenômeno ocorre a  $85^\circ\text{C}$ .

**7 – Cor** → Esta é provavelmente a primeira propriedade física a chamar a atenção quando alguém examina um mineral. O que o nosso cérebro interpreta como cor é, na verdade, o resultado da absorção seletiva de determinados comprimentos de onda da luz que atravessa o mineral. Os comprimentos de onda que não são absorvidos tornam-se dominantes no espectro que emerge do mineral, e a combinação destes comprimentos de onda é o que é percebido como cor.

A maior parte dos mecanismos que produzem cor são produtos da interação de ondas luminosas com elétrons. A origem da cor em minerais está ligada a uma variedade de razões, tais como a presença de **íons metálicos** (em especial metais de transição como Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni e Cu), fenômenos de **transferência de carga**, efeitos de **radiação ionizante**, entre outros. Para muitos minerais a cor é uma característica diagnóstica fundamental, enquanto para outros ela é tão variável que não pode ser usada como um critério de identificação. Devido à possibilidade de alteração de muitos minerais por contato com o ar, água, etc., a cor deve ser sempre observada preferencialmente em uma fratura recente do mineral.

- **Metais de transição** → podem estar presentes em minerais em quantidades importantes (como os constituintes principais) ou em quantidades muito pequenas (como impurezas). Em ambos os casos, estes elementos podem provocar o aparecimento de cor.

Em estruturas cristalinas que admitem substituições de grandes quantidades de um cátion por outro, as variações químicas podem implicar em um amplo espectro de variação de cor. Este é o caso da esfalerita ( $\text{ZnS}$ ), que admite a substituição do Zn por quantidades variáveis de Fe e cuja cor varia em tons de branco, amarelo, castanho e preto, dependendo da quantidade de Fe presente.

Em outros casos, onde um determinado metal ocorre em pequenas quantidades na estrutura, variedades coloridas podem ocorrer em um mineral cuja composição química global é essencialmente constante. No caso do mineral berilo, por exemplo, a presença de pequenas quantidades de  $\text{Fe}^{2+}$  produz cor azul enquanto a presença de  $\text{Cr}^{3+}$  como impureza produz coloração verde. As variedades azul e verde do mineral berilo possuem importância econômica como gemas preciosas (água-marinha e esmeralda, respectivamente). Com exceção da cor, as demais propriedades físicas da água-marinha e da esmeralda são idênticas às do berilo comum. O mesmo ocorre com o mineral corindon: a presença de  $\text{Cr}^{3+}$  como impureza no corindon gera a variedade vermelha conhecida como rubi.

- **Transferência de carga** → este processo só ocorre em compostos que tenham pelo menos dois elementos com estados de oxidação diferentes e variáveis. O processo pode produzir cores intensas em minerais e gemas, e envolve a transferência de elétrons entre elementos diferentes. Alguns exemplos de elementos que participam no processo de transferência de carga são:  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Fe}^{3+}$ ;  $\text{Ti}^{3+}$  e  $\text{Ti}^{4+}$ ;  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{3+}$  e  $\text{Mn}^{4+}$ , ou combinações entre eles (por exemplo, minerais contendo ferro e manganês). A transferência de um elétron de um átomo a outro envolve a absorção de energia, a qual pode ocorrer segundo um comprimento de onda definido. Por exemplo, a transferência de um elétron entre  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Ti}^{4+}$  envolve a absorção de energia luminosa no comprimento do vermelho, e portanto produz a cor azul da Safira. O mesmo processo pode ocorrer entre ânions (por exemplo, a cor azul do mineral lazurita decorre da transferência de carga entre um triângulo de átomos de enxofre) ou entre cátion e ânion.
- **Centros de cor** → são imperfeições na estrutura cristalina que causam absorção de energia luminosa e, conseqüentemente, o aparecimento de cor. Na maioria dos casos este fenômeno está associado à

exposição à radiação ionizante. A fonte da radiação pode ser natural (elementos radioativos, como U, Th, K presentes em minerais) ou artificial e, em raros casos, radiação ultravioleta pode produzir centros de cor. Quando um mineral é exposto a radiação, elétrons podem ser removidos de suas posições normais e, depois de perder energia, ficar aprisionados em uma posição vaga na estrutura cristalina. Estes elétrons aprisionados absorvem seletivamente determinados comprimentos de onda, produzindo cor.

Um exemplo deste fenômeno é a variedade violeta (ametista) de quartzo ( $\text{SiO}_2$ ). A presença de pequenas quantidades de  $\text{Fe}^{3+}$  como impureza no quartzo produz cores amarelas (variedade citrino). Quando submetido a radiação, o  $\text{Fe}^{3+}$  pode perder um elétron (efetivamente tornando-se  $\text{Fe}^{4+}$ ), o qual é aprisionado em um centro de cor na estrutura do quartzo, produzindo a cor violeta típica da ametista. Como os centros de cor são um tipo de defeito causado por radiação, este defeito pode ser eliminado pela adição de energia. Por exemplo, ao submeter a ametista a um tratamento térmico, o processo é revertido, e a cor passa de violeta a amarelo. Na verdade, alguns tipos de ametista tendem a perder a cor com a simples exposição prolongada à luz (radiação ultravioleta). Tratamento térmico é um recurso freqüentemente usado na indústria de pedras preciosas, para modificar, melhorar ou controlar a coloração de uma determinada gema. Ametrino é uma variedade natural de quartzo que apresenta setores com cor de ametista e setores com cor de citrino.

**8 – Traço** → é definido como a cor do pó fino de um mineral. A observação do traço de um mineral é geralmente feita atritando-se o mineral contra uma superfície de porcelana não polida (dureza  $\sim 7$ ). Embora a cor de um mineral seja freqüentemente variável, o seu traço tende a ser relativamente constante, e portanto é uma propriedade extremamente útil na identificação do mineral. Os óxidos de ferro magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) e hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), por exemplo, podem ser distinguidos por seu traço preto e avermelhado, respectivamente. Alguns minerais possuem dureza tão baixa que são capazes de deixar traço em materiais como papel, como é o caso do grafite e da molibdenita ( $\text{MoS}_2$ )

**9 – Brilho** → refere-se à aparência do mineral à luz refletida. Em uma classificação ampla, o brilho dos minerais pode ser dividido em *metálico* e não *metálico*, com uma categoria transicional (*sub-metálico*) entre eles. Os termos geralmente utilizados para descrever o brilho dos minerais são:

- **Metálico** → brilho semelhante ao dos metais. Característico de minerais dominados por ligações metálicas ou parcialmente metálicas. Minerais de brilho metálico geralmente (mas nem sempre) apresentam traço escuro. Este tipo de brilho é comum em minerais do grupo dos metais nativos, sulfetos e óxidos.
- **Não metálico** → sem aparência de metal. Típico de minerais dominados por ligações iônicas ou covalentes. Geralmente possuem traço claro. Uma série de termos são usados para descrever os tipos de brilho não-metálico:
  - **Vítreo** → brilho como o do vidro. O exemplo típico é o mineral quartzo.
  - **Resinoso** → brilho semelhante ao de resina
  - **Nacarado** → brilho semelhante ao brilho da pérola. Normalmente é melhor observado nos planos de clivagem
  - **Gorduroso ou graxo** → brilho que lembra uma superfície coberta de óleo. O mineral nefelina é um exemplo típico
  - **Sedoso** → brilho que lembra a seda. Comum em agregados fibrosos, como o asbesto e a gipsita fibrosa.
  - **Adamantino** → brilho que lembra o brilho do diamante. Além do diamante, ocorre tipicamente em minerais transparentes de chumbo, como a cerussita ( $\text{PbCO}_3$ ) e a anglesita ( $\text{PbSO}_4$ )

### 9 – Outras propriedades dependentes da luz

- **Jogo de cores** → a cor muda em sucessão rápida, quando o mineral é girado (diamante, opala)
- **Mudança de cores** → idem, mas a variação é lenta (labradorita)
- **Iridescência** → espectro de cores no interior (fraturas, clivagens) ou na superfície (revestimento superficial) do mineral (bornita, calcopirita)

- **Opalescência** → reflexão leitosa ou nacarada no interior do mineral (opala)
- **Embaçamento** → a cor da superfície é diferente da cor do interior do mineral (calcocita, bornita, calcopirita)
- **Asterismo** → formação de raios de luz como uma estrela, quando o mineral é observado ao longo do eixo vertical. Ocorre principalmente em minerais hexagonais.
- **Luminescência** → emissão de luz, exceto as provocadas por incandescência. Normalmente é tênue, melhor observável no escuro
  - **Triboluminescência** → emissão de luz provocada por atrito. Ocorre em minerais não metálicos e anidros (fluorita, esfalerita)
  - **Termoluminescência** → emissão de luz provocada por aquecimento (fluorita)
  - **Fluorescência e fosforescência** → emissão de luz provocada por exposição a determinados tipos de radiação, como luz ultravioleta, raios-x, raios catódicos. (fluorita, scheelita)
- **Transparência** → capacidade do mineral de ser atravessado pela luz
  - **Transparente** → é possível ver contornos de objetos através do mineral
  - **Translúcido** → há passagem de luz, mas não é possível distinguir contornos de objetos
  - **Opaco** → não permite a passagem de luz, mesmo em seções delgadas
- **Refração** → mudança na direção da luz, quando passa de um meio para outro de densidade diferente (por exemplo do ar para o mineral). Depende do índice de refração (n) do mineral. Para minerais com  $n = 2$ , a velocidade da luz no mineral é a metade da velocidade no ar. Esta propriedade é de vital importância para os minerais utilizados como gemas, pois influencia o tipo de brilho dos minerais transparente. Assim, um mineral com  $n = 1.5$  tenderá a apresentar brilho vítreo, enquanto um mineral com  $n = 2.4$  tenderá a apresentar brilho adamantino.
- **Dupla refração** → Quando um raio de luz penetra em um mineral ele se desdobra em dois raios, cada um viajando com velocidade e direção diferentes. A dupla refração ocorre na maioria dos minerais não isométricos, mas geralmente é muito fraca para poder ser observada. Uma exceção notável é a calcita de qualidade ótica (espato de Islândia), que possui dupla refração forte.

## 10 – Propriedades elétricas

A condução de eletricidade em minerais é fortemente controlada pelo tipo de ligação existente. Assim, minerais formados exclusivamente por ligações metálicas (p.ex. os metais nativos) são condutores, minerais formados por ligações parcialmente metálicas (p.ex. alguns sulfetos) são semi condutores, e minerais formados por ligações iônicas e/ou covalentes são maus condutores de eletricidade.

- **Piezoelasticidade** → produção de eletricidade por aplicação de pressão ao longo de um eixo polar (eixo com formas cristalinas distintas em cada uma das pontas). Este efeito só pode ocorrer em cristais que não possuem centro de simetria.
- **Piroelasticidade** → produção de eletricidade por variação de temperatura. Ocorre apenas em minerais que não possuem centro de simetria e têm pelo menos um eixo polar (piezoelasticidade verdadeira). A piroelasticidade secundária ocorre em minerais que sofre expansão desigual ao longo de direções distintas, ao ser aquecidos. A deformação do retículo resulta em pressão localizada, gerando piezoelasticidade.

## 10 – Radioatividade

Ocorre em minerais formados por elementos radioativos, tais como U e Th, e pode ser um importante critério de identificação nestes casos.