

Aula 00 - Prof. Renê

*MPU (Analista do MPU - Perito em
Geologia) Conhecimentos Específicos -
2025 (Pós-Edital)*

Autor:

**André Rocha, Fabiana Richter,
Monik Begname de Castro, Renê
Souto Coutinho**

13 de Janeiro de 2025

Sumário

Mineralogia	6
1 - Considerações Iniciais.....	6
1.2 – Definição de mineral	6
1.2 – Formação dos minerais	7
3 – Química mineral.....	9
3.1 – Estrutura química.....	9
3.2 – Classificação química.....	13
2 – Propriedades físicas dos minerais	25
2.1 – Propriedades baseadas na aparência.....	25
2.2 – Propriedades baseadas na interação com a luz.....	27
2.3 – Propriedades mecânicas.....	29
2.4 – Propriedades relacionadas à massa	32
2.5 – Outras propriedades diagnósticas	32
2.6 – Propriedades elétricas	34
4 – Técnicas de investigação dos minerais	34
4.1 – Microscopia óptica.....	35
4.1 – Técnicas que utilizam raios X	43
4.1 – Técnicas de feixe de elétrons	46
5 – Cristalografia	50
5.1 – Sistema cristalino	50
5.1 – Forma dos cristais	52
6 – Gemologia.....	56
6.1 – Definição de gemas.....	56



6.2 – Nomenclatura de gemas.....	57
6.2 – Tratamentos de gemas	57
6.3 – Instrumentos de análise das gemas.....	59
6.2 – Principais gemas.....	63
Questões Comentadas	71
Lista de Questões.....	93
Gabarito.....	105
Resumo.....	106



APRESENTAÇÃO DA AULA

Prezado (a) futuro (a) servidor(a), seja muito bem-vindo à aula de **Mineralogia**.

Nesta aula, abordaremos sobre os principais aspectos relacionados à mineralogia. Este é um tópico muito importante em concursos, pois é a base para o desenvolvimento de toda a Geologia e disciplinas correlatas, como a Geologia de Engenharia e a Geofísica. Ter um bom entendimento sobre a mineralogia permitirá uma melhor compreensão sobre as demais disciplinas da geologia, as quais estudam as rochas, os solos e os processos aos quais esses materiais estão submetidos. Isso porque, todos esses materiais geológicos são, essencialmente, compostos por minerais.

Apesar da importância deste conteúdo, esta não é das aulas mais prazerosas de estudar. Estudar mineralogia requer estudar sobre a estrutura cristalina dos cristais, sobre sua composição química e sobre as técnicas de reconhecimento e distinção dos diferentes minerais. Além disso, o formato da maioria das questões de concurso que cobram esse conteúdo requer que o candidato tenha memorizado fórmulas químicas ou outras características distintivas dos minerais. Por isso, estudar mineralogia requer um esforço extra para a memorização dessas características. Uma das formas de conseguir a memorização desses conteúdos, é por meio da repetição. Deixo, a seguir, uma dica para a memorização dos itens desta aula.



Uma das formas de memorização do conteúdo é por meio do Sistema de Repetição Espaçada. O método de repetição espaçada é utilizado para evitar a curva do esquecimento, usando um intervalo de tempo para a revisão dos pontos relevantes de serem memorizados.

Uma ferramenta que auxilia na aplicação dessa técnica é o Anki, no qual é possível inserir baralhos e classificar a frequência de repetição de acordo com a dificuldade para memorização.

Esta aula é focada em questões de concurso público, seja aquelas já cobradas, como, também, tópicos que são entendidos como de maior chance de serem abordados em questões futuras. Como nosso viés é sempre a sua aprovação no concurso público, seguiremos o direcionamento dado pelas principais bancas, o que é identificado através da análise das provas anteriores sobre o tema. Trouxemos, para esta aula, uma abordagem aprofundada a ponto de cobrir os principais tópicos abordados em concursos.

Procure ter um panorama geral sobre o conteúdo, mas, também, atente-se a alguns pontos específicos que têm maior tendência de serem cobrados. Este material está composto por uma abordagem teórica direcionada às questões de concurso, questões de concurso comentadas e teoria esquematizada e resumida.



Este material é o melhor disponível, atualmente, sobre o tema, quando se trata em preparação para concurso público. Tenha certeza de que você está munido com uma importante ferramenta para a sua preparação.

Espero que você tenha uma aula prazerosa e que o processo de aprendizado seja proveitoso.




APRESENTAÇÃO PESSOAL

Meu nome é René Souto Coutinho! Sou graduado em Geologia pela Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), mestre em Geotecnia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e pós-graduado em Gestão da Qualidade.

Fui aprovado em primeiro lugar geral no concurso para Especialista em Recursos Minerais da Agência Nacional de Mineração (ANM) em 2022. Atualmente, ocupo o cargo no órgão. Antes de iniciar a trajetória nos concursos públicos, atuei durante 3 anos na iniciativa privada na área de formação.

O meu objetivo, aqui, é tornar a sua aprovação um processo muito mais rápido e agradável. Deixo, abaixo, algumas formas que você possui de me contactar, diretamente, para ajudar naquilo que for preciso. Tenho muito prazer em te acompanhar nesta jornada tão importante. Chegaremos ao nosso destino.

Conte comigo!

 - rsc.geo.estrategia@gmail.com

 - [re nec_out](https://www.instagram.com/re nec_out)

Estudar é um privilégio. Aproveite!



MINERALOGIA

1 - Considerações Iniciais

1.2 – Definição de mineral

Um mineral pode ser definido como um **sólido** de ocorrência **natural**, com um **arranjo atômico** altamente **ordenado**, com **composição química homogênea e definida**, sendo, geralmente, formado por processos **inorgânicos**. Para ser classificado como um mineral, portanto, o material deve satisfazer todos esses critérios.



Os minerais ocorrem de maneira **natural**, o que significa que os processos formadores dos minerais devem ser naturais. Dessa forma, **não inclui** no conceito geológico de minerais, aqueles que são produzidos em **laboratórios**, como pedras preciosas esmeraldas, rubis, diamantes entre outros. Os minerais são **sólidos**, o que significa que há uma **posição fixa** para os **átomos**. Dessa forma, **exclui-se** do conceito de minerais os materiais **gasosos** e **líquidos**, como o mercúrio, que ocorre como líquido.

O **arranjo atômico** ordenado significa que os átomos (ou íons) estão organizados em uma **estrutura** interna com padrão **regular** e **repetitivo**. Isso significa que os minerais são **cristalinos**, pois, os sólidos cujo arranjo atômico **não é ordenado** denominados de **amorfos** ou **mineralóide**. Dessa forma, um material cuja ocorrência é natural e que se apresenta na forma sólida, mas não é cristalino, não é mineral, como a obsidiana (vidro vulcânico), e o carvão.

Sólidos cujo arranjo atômico **não é ordenado** são denominados de **amorfos** ou **mineralóide**.

Outro critério para que um material seja denominado como mineral é que apresente uma **composição** química **homogênea** e **definida**. A composição química **homogênea** significa que **todo o volume** do material apresenta a mesma composição. A composição química **definida** significa que a composição mineralógica pode ser definida por uma **fórmula química** específica. Logo, para que a composição de um mineral seja definida, não deve, necessariamente, ser fixa, pois **pode variar** dentro de certos **limites**. Por



exemplo, apesar da fórmula química da dolomita ser $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, esse mineral pode conter Fe e Mn como impurezas no lugar do Mg, podendo ser expressa na forma $\text{Ca}(\text{Mg,Fe,Mn})\text{CO}_3)_2$.

O critério de formação do mineral através de processos **inorgânicos** significa que **não** são formados por **seres vivos** ou **matéria orgânica**. Esse critério, no entanto, encontra-se com tendência de ser desconsiderado, isso porque, materiais como a pérola (composta por aragonita CaCO_3), por exemplo, têm origem biogênica, não se enquadrando, portanto, no critério de origem inorgânica.

Em questões de concurso, devemos ficar atentos. Se a questão trazer a regra (mineral tem origem inorgânica), deve ser considerada como verdadeira. No entanto, a questão pode discutir os conceitos e trazer a exceção (alguns materiais, apesar de serem de origem orgânica, satisfazem os outros critérios), poderia também estar correta.



(CEBRASPE/Petrobrás - 2004) No referente a conceitos básicos em mineralogia, julgue os itens subsequentes.

Os minerais são materiais com composição química definida, cristalizados e formados naturalmente por meio de processos geológicos inorgânicos.

Comentários:

Um mineral é um sólido de ocorrência natural, com estrutura cristalina, composição química homogênea e definida, frequentemente, formados por processos inorgânicos. **Assertiva correta.**

1.2 – Formação dos minerais

Os processos de **formação** dos minerais podem ser a partir da **cristalização**, de **precipitação**, da variação da **pressão** e **temperatura**, e de **soluções hidrotermais**. No processo de **cristalização**, a formação de um cristal ocorre quando a **temperatura** do magma ou lava é **reduzida** a um ponto abaixo do seu ponto de **solidificação**. Na **precipitação**, os minerais são formados quando ocorre a **evaporação** da água que possui esses minerais dissolvidos. Além disso, a alteração da **pressão** e da **temperatura**, bem como as soluções hidrotermais são responsáveis pela **alteração** de um **mineral preexistente** e formação de um novo mineral.

No processo de formação dos minerais por meio da **cristalização**, cada mineral possui uma **temperatura** de **cristalização**. Por isso, a formação dos minerais a partir de uma **composição magmática** inicial submetida a uma redução gradual da temperatura define uma **série mineralógica**, a qual é denominada de **Série de Bowen** (Figura 1). A Série de Bowen é a série de cristalização dos minerais a partir de um **magma primário**, à medida que há a **redução da temperatura**. Nota-se que todos os minerais na série são **silicatos**, o que torna essa classe a **principal formadora** de **rochas**. Em termos de **elementos químicos**, a crosta é formada por uma estrutura básica de **O₂, Si e Al**, com os interstícios preenchidos pelos elementos **Fe, Ca, Mg, Na, K** e outros elementos.



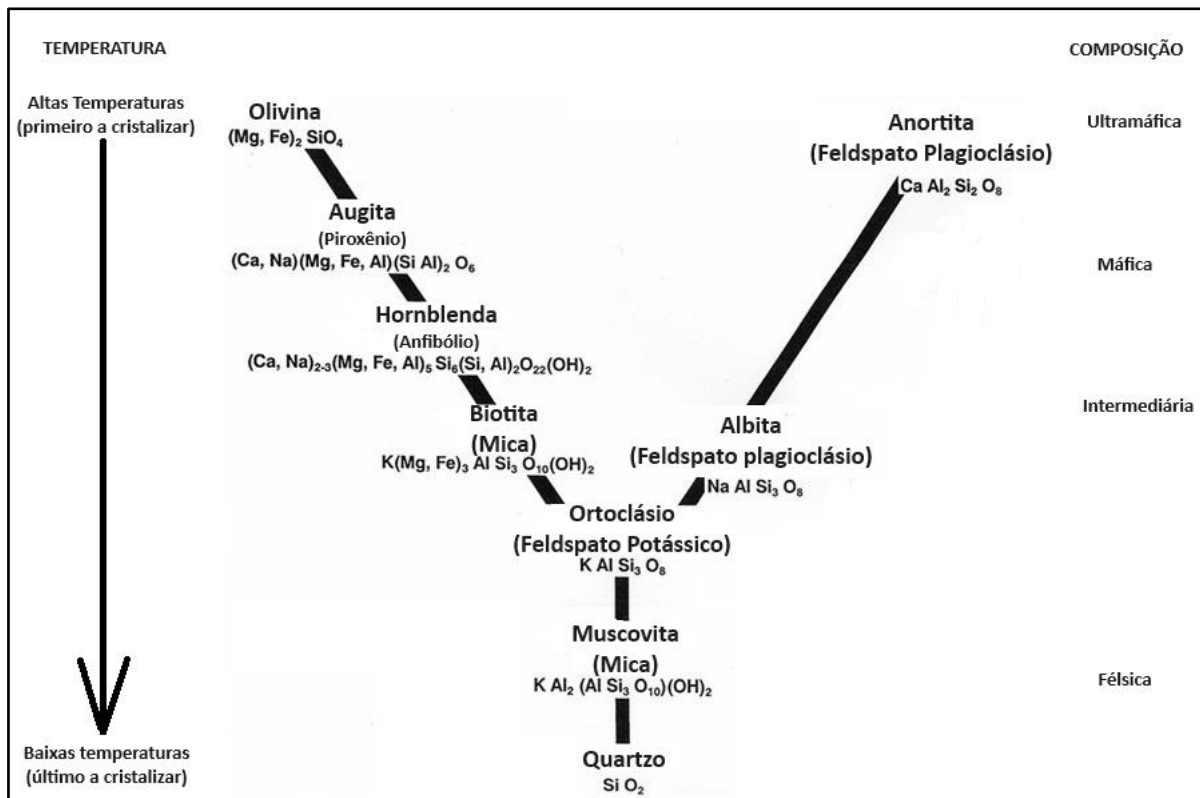


Figura 1 - Ilustração da Série de Bowen. Fonte: Carneiro *et. al.*2009¹

Os **minerais** são **constituintes** das **rochas**, de forma que, os **processos** de formação das rochas são, também, definidores das **características** dos **minerais**. Assim, a formação dos minerais está relacionada com o processo de formação das rochas. De acordo com os processos de formação, as rochas podem ser **magmáticas** (ou ígneas), **sedimentares** ou **metamórficas**. Além disso, a rocha formada inicialmente por um processo (magmatismo, sedimentação, metamorfismo), pode ser submetida a outros processos, passando a ser classificada como outro tipo de rocha, alterando a sua assembleia mineralógica.

As rochas **magmáticas** são aquelas formadas a partir da **solidificação** do **magma**, podendo ser **intrusiva** (quando a solidificação do magma ocorre em profundidades mais elevadas no interior da crosta) ou **extrusivas** (quando o magma é envolvido nos processos vulcânicos e se solidifica na superfície da terra). As rochas **sedimentares** são aquelas formadas a partir da **deposição** e **litificação** de **sedimentos** originados pela **fragmentação** de outras rochas previamente existentes. Já as rochas **metamórficas** são formadas quando uma rocha é submetida às condições de **temperatura** e/ou **pressão** elevadas fazendo o **metamorfismo** da rocha e surgimento de novas assembleias minerais.

A **maior** parte das rochas encontradas na **superfície** terrestre é **sedimentar**. No entanto, essas rochas representam a **menor** parte do **volume** da **crosta**, visto que são dificilmente preservadas. O **maior volume** da crosta é composto por rochas **ígneas** e **metamórficas**. O processo de transformação de uma rocha de um determinado tipo em outra rocha de outro tipo é representado pelo **ciclo das rochas** (Figura 2). O detalhamento de cada um dos processos formadores dos diferentes de rocha são detalhados nas aulas de petrologia correspondente a cada um desses tipos de rocha.

¹ Carneiro C. D. R., Gonçalves P. W., Lopes O. R. O Ciclo das Rochas na Natureza, Terra e Didática 5 (1):50-60, 2009.



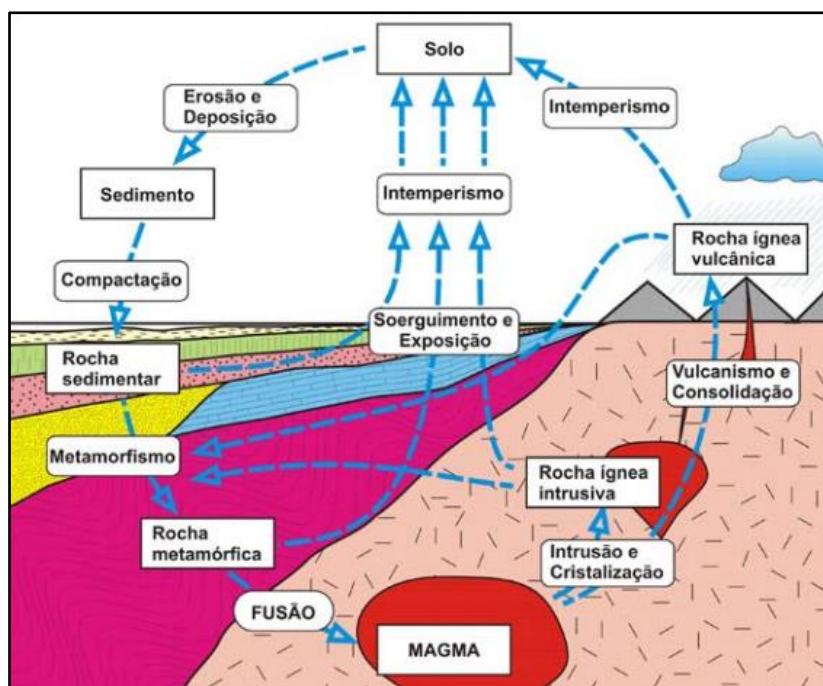


Figura 2 - Ilustração do Ciclo das Rochas. Fonte: Carneiro et. al.2009²



(Instituto ADM&TEC/Prefeitura de Rio Largo - 2019 - Adaptada) Julgue o item a seguir a respeito de mineralogia.

Uma rocha é um agregado natural de um ou mais minerais.

Comentários:

Essa é exatamente a definição de rocha. Independentemente do tipo da rocha (ígnea, sedimentar ou metamórfica), todas elas são formadas por minerais. A assembleia mineralógica é responsável por definir o tipo de rocha. **Assertiva correta.**

3 – Química mineral

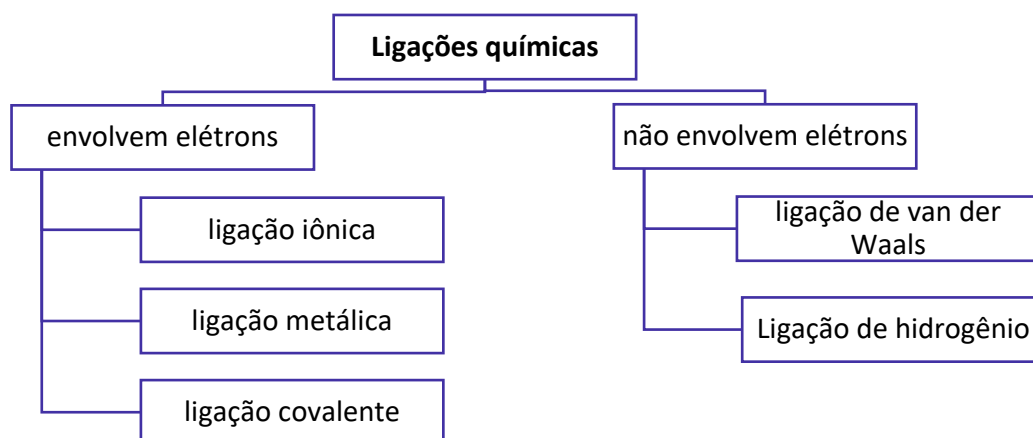
3.1 – Estrutura química

A estrutura química dos minerais se refere ao seu **arranjo atômico**, que define a configuração dos minerais, incluindo suas **propriedades físicas**. Nos minerais, os átomos são unidos e permanecem juntos devido a uma **força de atração** denominada de **ligação química**. O tipo e a intensidade das ligações químicas são responsáveis pelas **propriedades físicas** e **químicas** dos minerais. Essas ligações podem envolver, ou não, o

² Carneiro C. D. R., Gonçalves P. W., Lopes O. R. O Ciclo das Rochas na Natureza, Terra e Didática 5 (1):50-60, 2009.



elétron de valência. As ligações químicas que **envolvem** os elétrons de valência são a **ligação iônica**, a ligação **metálica** e a ligação **covalente**. As ligações que **não envolvem** elétron de valência são a ligação de **van der Waals** e a **ligação** de **hidrogênio**.



Um átomo adquire **estabilidade** quando possui **8 elétrons** na camada de **valência**. Essa configuração é verificada nos **gases nobres**, que apresentam a camada de valência completa, com exceção do elemento Hélio, que possui **2 elétrons**. Os demais elementos não apresentam 8 elétrons na camada de valência. Para conseguirem essa configuração, fazem **ligações químicas**, para receber os elétrons faltantes e alcançar os oito elétrons na camada de valência.

Elétrons de **valência** são aqueles localizados no nível de energia (ou camada) mais **externo** de um átomo, ficando mais distante do núcleo. Por isso, esses elétrons são os mais suscetíveis à **participação** na formação de **ligações químicas**.

As ligações **iônicas** são aquelas em que um ou mais **elétrons** na camada de valência de um átomo são **transferidos** para a camada de valência de outro átomo, de forma que os dois elementos assumem a configuração de um **gás nobre**. Esse tipo de ligação ocorre quando há a atração entre íons de **cargas opostas**, fazendo-se a **troca** de **elétrons** de um átomo de um **metal**, que forma um **cátion** para um átomo de um **não metal**, que forma um **ânion**. Essas ligações, geralmente, se formam entre átomos das colunas **I** e **VII** e das colunas **II** e **VI**.

Os cristais assumem propriedades conferidas pelos íons, e não pelos elementos. As principais **características** dos minerais com **ligação iônica** são **densidade** e **dureza moderadas**, **ponto de fusão** muito **altos**, **má condutividade elétrica** e **térmica**. As ligações iônicas são não direcionais, e a simetria dos cristais é alta. Quando quebradas, essas ligações são difíceis de recompor.

A ligação **metálica** é aquela na qual o elétron de valência não apresenta afinidade com nenhum núcleo particular. Nesse caso, a estrutura cristalina é mantida unida pela força entre o núcleo, carregado



positivamente e a nuvem de elétrons negativos. Nesse caso, os átomos **não doam elétrons** para outro átomo. Ao invés disso, os elétrons são redistribuídos e **compartilhados**.

A ligação metálica está presente nos minerais **metais nativos**, Cobre, Prata e Ouro. Existem, também, **ligações híbridas** (mistas), entre as metálicas e de outros tipos, como a pirita (sulfeto), que deve o seu **brilho metálico** a esse tipo de ligação. As principais características dos minerais que apresentam esse tipo de ligação na sua estrutura cristalina são: alta **plasticidade**, **tenacidade**, **ductibilidade** e **condutividade elétrica**, **baixa dureza** e **brilho metálico**.

As ligações **covalentes** são um tipo de ligação **intermediária** entre as ligações iônicas e as ligações metálicas, e ocorre quando dois ou mais átomos **compartilham** os seus **elétrons** de valência mais externos, passando a assumir a configuração de gás nobre. Geralmente, os elementos próximos do **centro** da **tabela** periódica, como o **carbono**, o **silício**, o **alumínio** e o **enxofre** podem formar ligações covalentes com os átomos vizinhos.

Esse tipo de ligação é a **mais forte** das ligações químicas, o que torna a estrutura cristalina **muito rígida** e de **elevada dureza**, como o **diamante**. As características dos minerais que possuem esse tipo de ligação **insolubilidade** (reatividade lenta), **estabilidade** química e mecânica, pontos de **fusão** muito **altos**, **não conduzem eletricidade** (são isolantes).

As ligações de **van der Waals** são decorrentes de cargas residuais e ligam moléculas neutras e unidades estruturais essencialmente não carregadas. Devido a reorganização dos elétrons nos orbitais ocupados dos átomos em interação, no sentido de se evitarem uns aos outros, há uma **fraca tração dipolar** instantânea entre os dois átomos e uma **pequena concentração** de **carga** positiva numa ponta e **carência** dessa **carga** na outra ponta. Esses dipolos, apesar de fracos, fazem com que uma molécula atraia a molécula vizinha, formando uma única molécula.

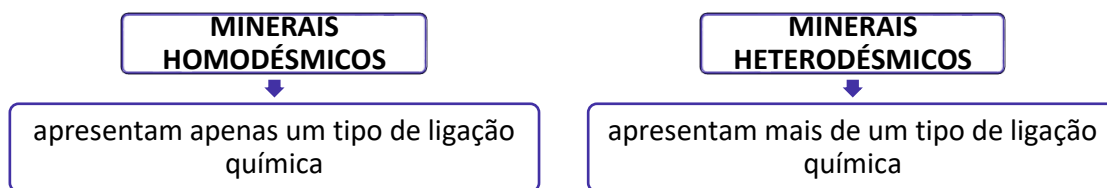
As ligações de van der Waals estão presentes, principalmente, em compostos **orgânicos** e em **gases** solidificados, **não** sendo muito **comuns** em **minerais**. Esse é o tipo **mais fraco** das ligações químicas e, quando presente nos minerais, define uma **zona** de **clivagem** e de baixa dureza. Alguns exemplos de minerais que possuem esse tipo de ligação são a **grafita** e o **enxofre**.

As **ligações** de **hidrogênio** são ligações eletrostáticas, polar, que ocorrem entre um íon de hidrogênio positivamente carregado e um íon negativamente carregado. Esse tipo de ligação, apesar de **fraca**, é mais forte que as ligações de van der Waals. Nesse caso, existem muitas ligações por unidade de volume em uma estrutura, o que faz com que o material seja **relativamente duro**. Esse tipo de ligação ocorre em **hidróxidos** nos quais o grupo (OH)⁻ é responsável pela produção de um **efeito dipolo**, como os **filossilicatos** (micas) e nos **argilominerais**, que contém grupos hidroxila.

Os minerais podem exibir **apenas** um **tipo** de ligação (minerais **homodésmicos**) ou mais de um tipo de ligação (minerais **heterodésmicos**). Como essas ligações possuem caráter e força diferentes, os minerais podem exibir características marcadas por **diferentes comportamentos** em diferentes planos, como por exemplo a **clivagem**, os quais são planos de ruptura preferenciais, que ocorrem em função da **fraqueza das ligações** nesses planos. Por outro lado, quando os materiais possuem apenas um tipo de ligação, ao invés



de apresentarem clivagens, possuem **fraturas**. Na Tabela³ abaixo, são apresentadas as principais características exibidas pelos minerais, considerando o tipo de ligação presente.



Propriedade	Tipo de ligação			
	Iônica	Metálica	Covalente	Van der Waals
Força da ligação	Forte	Variável/moderada	Muito forte	Fraca
Mecânica (dureza)	Moderada a alta	Baixa a moderada	Alta	Moles/com plasticidade
Elétrica	Maus condutores	Bons condutores	Isolante	Isolante
Térmica (ponto de fusão)	Moderado a alto	Variável	Alto	Baixo
Solubilidade	Solúveis em solventes polares	Insolúvel, exceto em ácidos ou álcalis por reação química	Muito baixas	Solúvel em solventes orgânicos
Estrutura	Não direcionais; original estruturas de alta coordenação e simetria	Não direcional; estruturas de alta coordenação e simetria	Altamente direcional; estruturas de baixa coordenação e simetria	Não direcional; baixa simetria
Exemplos	Halita, NaCl; Fluorita, CaF ₂ , inúmeros minerais	Cobre, Cu; Prata, Ag; Ouro, O; maioria dos metais	Diamante, C; Esfalerita, ZnS; moléculas de O ₂ moléculas orgânicas; grafita (ligação forte)	Enxofre; Compostos orgânicos; grafita



(EXATUS/Prefeitura Municipal de Caxias do Sul - 2018) A insolubilidade geral, grande estabilidade e pontos de fusão/ebulição elevados são características dos minerais conferidas por qual tipo de ligação química?

- (A) Ligação Iônica.
- (B) Ligação Metálica.
- (C) Ligação Covalente (mais forte).

³ KLEIN C. DUTROW B. Manual de Ciência dos Minerais, 23ª Edição, Bookman, 2012



(D) Ligação de Van de Waals (mais fraca).

Comentários:

As propriedades de insolubilidade, grande estabilidade e pontos de fusão/ebulição elevados são conferidas pela força de ligação entre os átomos. A ligação covalente é a mais forte de todos os tipos de ligação química. Perceba que até a questão dá uma dica, informando que a ligação covalente é a mais forte e que a ligação de Van de Waals é a mais fraca. As características apresentadas na questão são fornecidas pela ligação covalente. Por isso a alternativa correta e gabarito da questão é a **letra C**.

3.2 – Classificação química

Caro (a) futuro (a) servidor (a)!

Esta parte da matéria se trata, unicamente, das classificações químicas dos minerais e das suas fórmulas químicas. Esse conteúdo, geralmente, é bem difícil de assimilar. Por isso, recomendo que seja utilizada a técnica de repetição espaçada para melhor memorizar essas classificações e as fórmulas químicas.

Você perceberá, ao resolver as questões, que as bancas cobram esta parte. Infelizmente, não há outra forma que não seja a memorização dessas fórmulas químicas. Procure, pelo menos, memorizar a composição química genérica dos minerais e em qual classe se enquadram. Deixarei marcado, em negrito, os principais minerais, aos quais devem ser dada mais atenção, em cada classe, por serem os que mais aparecem em questões de prova.

Nem todos estão dispostos a esse tipo de exercício (decorar fórmulas), mas não é o seu caso. Mentalize a sua aprovação. Este pode ser o seu diferencial.

Continue animado, estudar é um privilégio!

Os minerais são subdivididos em **12 classes**, sendo onze classes relacionadas com o radical aniônico dominante e uma classe a dos elementos nativos. Essas classes são:



Classes	Radical
Elementos Nativos	Formados por um único elemento
Sulfetos	Radical S^{2-} (enxofre)
Sulfossais	Pb^{2+} , Cu^{+} ou Ag^{+} , combinados com As^{3+} , Sb^{3+} ou Bi^{3+} e S^{2-}
Óxidos e Hidróxidos	O^{2-} e OH^{-}
Halogenetos (Haletos)	Cl^{-} , F^{-} , Br^{-} e I^{-}
Silicatos	$(SiO_4)^{4-}$
Sulfatos	$(SO_4)^{2-}$
Carbonatos	$(CO_3)^{2-}$
Fosfatos	$(PO_4)^{3-}$



Nitratos	$(\text{NO}_3)^-$
Boratos	$(\text{BO}_3)^-$
Tungstos	$(\text{WO}_4)^-$

2.2.3 – Silicatos

Os **silicatos** compreendem os minerais de **maior abundância**, visto que a crosta terrestre, continental e oceânica, é fundamentalmente formada por silicatos, de forma que esses minerais são os **principais formadores** das **rochas** ígneas, sedimentares (com exceção das rochas carbonáticas) e metamórficas. A formação desses minerais ocorre a partir da **crystalização** do **magma** na formação das rochas ígneas, sendo a estrutura dos minerais preservadas durante os processos de formação das rochas metamórficas e sedimentares.

A estrutura desses minerais se dá na forma de **cadeias** (polimerização), nas quais **um átomo** de **silício** (Si) fica isolado entre **quatro átomos** de **oxigênio**, formando um **tetraedro**. Cada oxigênio da estrutura tem a potencialidade de se ligar com um íon de silício e de entrar em outro agrupamento tetraédrico. Dessa forma, os grupos tetraédricos são unidos através do oxigênio compartilhado, podendo formar uma série de configurações estruturais. Com base nessas configurações, os minerais do grupo dos silicatos podem ser classificados como **nesossilicatos**, **sorossilicatos**, **ciclossilicatos**, **inossilicatos**, **filossilicados** e **tectossilicatos**.

A) Nesossilicatos

Nos **nesossilicatos** (ou **ortossilicatos**) os **tetraedros** de SiO_4 se encontram **isolados**, podendo se unidos a outros elementos como Ca, Mg, Mn e Al. Os minerais desse grupo se cristalizam no **sistema ortorrômbico isométrico** e **tetragonal**.



Nesossilicatos

Estrutura	Mineral	Fórmula Química
	FENACITA	$(\text{Be}_2(\text{SiO}_4))$
	WILLWNITA	$(\text{Zn}_2(\text{SiO}_4))$
	FORSTERITA (OLIVINA)	$(\text{Mg}_2(\text{SiO}_4))$
	FAYALITA (OLIVINA)	$(\text{Fe}_2(\text{SiO}_4))$
	GRANADA (PIROPO, ALMANDITA, ESPESSARITA, GROSSULÁRIA, ANDRADITA, UVAROVITA)	$(\text{A}_3\text{B}_2(\text{SiO}_4))$
	ZIRCÃO	$(\text{Zr}(\text{SiO}_4))$
	ANDALUZITA	$\text{Al}^{(6)}\text{Al}^{(5)}\text{O}(\text{SiO}_4)$
	SILIMANITA	$\text{Al}^{(6)}\text{Al}^{(4)}\text{O}(\text{SiO}_4)$
	CIANITA	$\text{Al}^{(6)}\text{Al}^{(6)}\text{O}(\text{SiO}_4)$
	TOPÁZIO	$(\text{Al}_2(\text{SiO}_4)(\text{F},\text{OH})_2)$
	ESTAULOLITA	$(\text{Fe}_2\text{Al}_9\text{O}_7(\text{SiO}_4)_4(\text{OH}))$
	CONDRODITA	$(\text{Mg}_5(\text{SiO}_4)_2(\text{OH},\text{F})_2)$

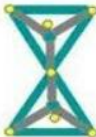


	DATOLITA	$(\text{CaB}(\text{SiO}_4)_4(\text{OH}))$
	TITANITA	$(\text{CaTiO}(\text{SiO}_4))$
	DUMORTIERITA	$(\text{Al,Fe})_7\text{O}_3(\text{BO}_3)(\text{SiO}_4)_3$

A) Sorossilicatos

Nos **sorossilicatos** (ou **dissilicatos**) há a presença de **dois tetraedros** SiO_4 , unidos pelo compartilhamento, entre si, de um único oxigênio, situado no vértice. O mineral sorossilicato de maior abundância é o **epidoto**, que se cristaliza no sistema **monoclínico**, possui clivagem perfeita a imperfeita, brilho vítreo, transparente a translúcido e com coloração com diferentes matizes de verde e com variedades acinzentadas até preto.




Sorossilicatos		
Estrutura	Mineral	Fórmula Química
	HEMIMORFITA	$(\text{Zn}_4(\text{Si}_2\text{O}_7) (\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O})$
	LAWSONITA	$(\text{CaAl}_2(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O})$
	CLINOZOISITA	$(\text{Ca}_2\text{Al}_3\text{O}(\text{SiO}_4)(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH}))$
	EPIDOTO	$(\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})\text{Al}_2\text{O}(\text{SiO}_4)(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH}))$
	ALLANITA	$\text{X}_2\text{Y}_3\text{O}(\text{SiO}_4)(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})$
	IDOCRÁSIO	$\text{Ca}_{10}(\text{Mg,Fe})_2\text{Al}_4(\text{SiO}_4)_5 (\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})_4$
	PREHNITA	$\text{Ca}_2\text{Al}_2(\text{Si}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$

A) Ciclossilicatos

Os minerais do grupo dos **ciclossilicatos** possuem **anéis** de **tetraedros** SiO_4 , com relação de Si/O de 1/3. Os principais representantes mineralógicos são a **cordierita**, o **berilo** e a **turmalina**. possuem forma **hexagonal** e **estrutura prismática** e apresentam uma **má clivagem**.



Ciclossilicatos		
Estrutura	Mineral	Fórmula Química
	BERILO	$(\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{Si}_6\text{O}_{18}))$
	CORDIERITA	$(\text{Mg}_2\text{Al}_3(\text{AlSi}_6\text{O}_{18}))$
	AXINITA	$(\text{Ca}_2(\text{Fe,Mn})\text{Al}_2(\text{BO}_3)(\text{Si}_4\text{O}_{12})(\text{OH}))$
	TURMALINA	$(\text{XY}_3\text{Al}_6(\text{BO}_3)_3(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{OH})_4)$
	CRISOCOLA	$(\text{CuSiO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O})$



A) Inossilicatos

Os minerais do grupo dos **inossilicatos** possuem estruturas nas quais os **tetraedros** de SiO_4 encontram-se unidos em **cadeias**, compartilhando oxigênio com os tetraedros adjacentes. Essas estruturas podem se unir formando **faixas simples** ou **cadeias duplas**. A forma desses minerais é alongada e **aciculiformes** (forma de agulhas), como os **amiantos**. Os inossilicatos de cadeia **simples** representam a família do **piroxênio**, e os de cadeias **duplas** a dos **anfíbólios**. A principal diferença química entre esses dois minerais é a presença da **hidroxila** (OH) nos **anfíbólios**, e **ausência** no **piroxênio**.

Os **piroxênios** e os **anfíbólios** representam duas **séries** de minerais (Figura 3), com composições químicas variáveis na composição dos elementos (Mg, Ca e Fe). Os piroxênios são os minerais enstatita, clinoenstatita, clinohiperstênio diopsídio, hedenbergita, johannsenita, jadeíta, egrina, espodumênio e augita. Já os anfíbólios são representados pelos minerais antofilita, kupfferita, antofilita, cummingtonita, tremolita, actinolita, glaucofana, riebeckita, arfvedsonita e hordblenda.

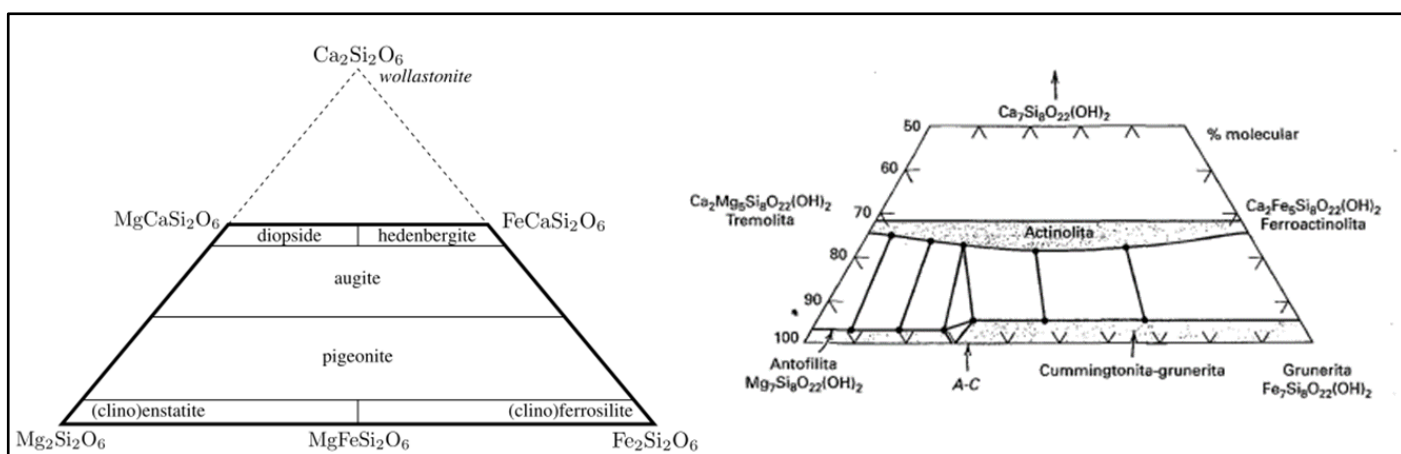


Figura 3 - Série química dos minerais piroxênio (a) e anfíbólio (b)



Inossilicatos		
Estrutura	Mineral	Fórmula Química
	GRUPO DO PIROXÊNIO	$(\text{Mg, Fe, Ca, Na})(\text{Mg, Fe, Al})(\text{Si}_2)\text{O}_6$ wollastonita (CaSiO_3), enstatita (MgSiO_3), ferrosilite (FeSiO_3), hedenbergita ($\text{FeCaSi}_2\text{O}_6$), diopsídio ($\text{MgCaSi}_2\text{O}_6$), augita ($(\text{Ca, Na})(\text{Mg, Fe, Al, Ti})(\text{Si, Al})_2\text{O}_6$), pigeonita ($(\text{Mg, Fe, Ca})(\text{Mg, Fe})\text{Si}_2\text{O}_6$).
	GRUPO DO ANFÍBÓLIO:	antofilita: $((\text{Mg, Fe})_7(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2)$, tremolita ($\text{Ca}_2\text{Mg}_5(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$), cummingtonite ($(\text{Mg, Fe})_7(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$), hornblenda ($(\text{Ca, Na})_{2-3}(\text{Mg, Fe, Al})_5\text{Si}_6(\text{Si, Al})_2\text{O}_{22}(\text{OH})_2$)

A) Filossilicatos

Os minerais do grupo dos **filossilicatos** são aqueles que possuem estrutura dos **tetraedros** em **folhas**, englobando o grupo das **micas** (biotita, mica preta, e muscovita, mica clara). Esses minerais apresentam **clivagem** marcada pelo **deslocamento** em **lâminas**.



Estrutura	Mineral	Fórmula Química
	TALCO	Mg₃Si₄O₁₀(OH)₂
	PIROFILITA	Al ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH)
	MUSCOVITA	AAI₂[Si₃AlO₁₀](OHF)₂
	PARAGONITA	NaAl₂₂(Si₃Al)O₁₀(OH)
	BIOTITA	K(Mg,Fe²⁺)₃[AlSi₃O₁₀](OH,F)₂
	FLOGOPITA	KMg ₃ Si ₃ AlO ₁₀ (OH,F) ₂
	GLAUCONITA	(K,Na)(Fe ³⁺ ,Al,Mg) ₂ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₂
	LEPIDOLITA	K(Li,Al) ₃ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (F,OH) ₂
	ZINNWALDITA	KLiFe ²⁺ Al(AlSi ₃)O ₁₀ (F,OH) ₂
	MARGARITA	CaAl ₂ (Al ₂ Si ₂)O ₁₀ (OH) ₂
	CHAMOSITA	Fe ²⁺ ,Mg,Fe ³⁺) ₅ Al(Si ₃ Al)O ₁₀ (OH,O) ₈
	CLINOCOLORO	(Mg,Fe ²⁺) ₅ Al(Si ₃ Al)O ₁₀ (OH) ₈
	APOFILITA	KCa ₄ Si ₈ O ₂₀ (F,OH).8H ₂ O
	ESTILPTNOMELANO	K(Fe ²⁺ ,Mg,Fe ³⁺) ₈ (Si,Al) ₁₂ (O,OH) ₂₇
	PRHNITA	Ca ₂ Al ₂ Si ₃ O ₁₀ (OH) ₂
	CAULITA	Al₂Si₂O₅(OH)₄
	DICKITA	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄
	HALLOYSITA	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄
	ANTIGORITA	(Mg,Fe ²⁺) ₃ Si ₂ O ₅ (OH) ₄
	CRISOTILO	Mg ₃ Si ₂ O ₅ (OH) ₄
	LIZARDITA	Mg ₃ Si ₂ O ₅ (OH) ₄
	HECTORITA	Na _{0,3} (Mg,Li) ₃ Si ₄ O ₁₀ (OH)
	MONTMORILLONITA	(Na,Ca) _{0,3} (Al,Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ .nH ₂ O
	NONTRONITA	(Ca,Na) _{0,3} Fe ³⁺ ₂ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₂ .nH ₂ O
	ILLITA	(K,H ₃ O)(Al,MgFe) ₂ (Si,Al) ₄ O ₁₀ [(OH) ₂ ,(H ₂ O)]
	SEPIOLITA	Mg ₄ Si ₆ O ₁₅ (OH) ₂ .6H ₂ O
	VERMICULITA	(Mg,Fe ³⁺ ,Al) ₃ (Al,Si) ₄ O ₁₀ (OH) ₂ .4H ₂ O

A) Tectossilicatos

Os minerais do grupo dos **tectossilicatos** são formados por uma estrutura **tridimensional** de tetraedros de SiO₄. Todos os íons oxigênio em cada tetraedro são compartilhados com os tetraedros vizinhos, resultando



em **alta estabilidade** e uma relação de Si:O de 1:2. Nesse grupo se encontram os minerais **mais abundantes** da crosta terrestre, que são o **feldspato** e o **quartzo** e, por isso representam, aproximadamente **3/4 da crosta** terrestre.



Tectosilicatos			
Estrutura	Mineral		Fórmula Química
	GRUPO DA SÍLICA	QUARTZO	SiO_2
		TRIDMITA	
		CRISTOBALITA	
		ÓPALA	
	GRUPO DOS FELDSPATOS	MICROCLÍNIO	$\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$
		ORTOCLÁSIO	$\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$
		ALBITA	$\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$
		ANORTITA	$\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$
	FAMÍLIA DOS FELDPATOIDES	LEUCITA	$\text{K}(\text{AlSi}_2\text{O}_6)$
		NEFELINA	$(\text{Na}, \text{K}) (\text{AlSiO}_4)$
		SODALITA	$\text{Na}_4(\text{AlSiO}_4)_3\text{Cl}$
		LAZURITA	$(\text{Na}, \text{Ca})_4(\text{AlSiO}_4)_3(\text{SO}_4, \text{S}, \text{Cl})$
		PETALITA	$\text{Li}(\text{AlSi}_4\text{O}_{10})$
	GRUPO DA ESCAPOLITA	MARIALITA	$\text{Na}_4(\text{AlSi}_3\text{O}_8)_3(\text{Cl})$
		MEIONITA	$\text{Ca}_4(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)_3(\text{CO}_3)$
	FAMÍLIA DAS ZEÓLITAS	ANALCIMA	$\text{Na}(\text{AlSi}_2\text{O}_6) \cdot \text{H}_2\text{O}$
		NATRÓLITA	$\text{Na}_2(\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
		CABAZITA	$(\text{Ca}, \text{Na})_2(\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
HEULANDITA		$\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_7\text{O}_{18}) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	
ESTIBILITA		$\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_7\text{O}_{18}) \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	

Os minerais do grupo do feldspato compreendem duas séries, uma série **contínua** dos feldspatos **Plagioclásios** (de Ca e Na) e dos feldspatos **alcalinos** (ortoclásio, microclínio e sanidina), conforme ilustrado no triângulo apresentado na Figura 4. Esses minerais cristalizam-se nos sistemas triclinico e monoclinico. Os minerais da série do plagioclasio formam uma série contínua desde o elemento mais sódico (albita) até o mais calcico (anortita), os minerais da série são:

Mineral	%Albita	%Anortita
ALBITA	100-90%	0-10%
OLIGOCLÁSIO	90-70%	10-30%
ANDESINA	70-50%	30-50%
LABRADORITA	50-30%	50-70%
BYTOWNITA	30-10%	70-90%
ANORTITA	10-0%	90-100%





Fonte: Baseada em Klein e Hurlbut, 1993.

Figura 4 - Série química dos minerais da série dos feldspatos alcalinos e dos feldspatos plagioclásio

2.2.3 – Elementos nativos

Os elementos nativos são elementos que se encontram como minerais sob a forma não combinada. Podem ser metais, semimetais e não-metais.

Classificação	Mineral	Fórmula química
Metais	Cádmio	Cd
	Chumbo	Pb
	Cobalto	Co
	Cobre	Cu
	Cromo	Cr
	Estanho	Sn
	Ferro	Fe
	Índio	In
	Iródio	Ir
	Mercúrio	Hg
	Níquel	Ni
	Ósmio	Os
	Ouro	Au
	Paládio	Pb
	Platina	Pt
	Prata	Ag
	Rênio	Re
	Ródio	Rh
Rutênio	Ru	
Zinco	Zn	
Semimetais	Antimônio	Sb
	Arsênio	As
	Bismuto	Bi
	Selênio	Se



	Telúrio	Te
Não Metais	Diamante/Grafita	C
	Enxofre	S

2.2.3 – Sulfetos

Os **sulfetos** representam o grupo formado por **metais** e **semimetais** que reagem com o **enxofre**. As ligações são **iônica** e **metálica**, com exceção da **esfalerita**, que apresenta ligação **covalente**. Esses minerais são pouco abundantes, correspondendo a cerca de **0,2%** do volume da crosta terrestre, no entanto, incluem a maioria dos minerais de **minério**.



Mineral	Fórmula química
Pirita	FeS₂
Calcopirita	FeCuS₄
Galena	PbS
Esfalerita	ZnS
Argentita	Ag ₂ S
Millerita	NiS
Greenockita	CdS
Bornita	Cu₅FeS₄
Calcocita	Cu₂S
Pirrotita	FeS

2.2.3 – Óxidos e Hidróxidos

Os **óxidos** são compostos binários formados por dois elementos químicos, sendo um deles o **oxigênio** e os **hidróxidos** possuem em sua composição o íon **hidroxila** (OH⁻).



Mineral	Fórmula química
Coríndon	Al₂O₃
Hematita	Fe₂O₃
Ilmenita	FeTiO₃
Rutilo	TiO ₂
Pirolusita	MnO ₃
Cassiterita	SnO ₂
Uraninita	UO ₂
Díásporo	HAlO ₂
Goethita	HFeO₂
Espinélio	MgAl₂O₄
Gahnita	ZnAl ₂ O ₄



Magnetita	Fe₃O₄
Cromita	(Fe,Mg)(Cr,Al)₂O₄
Crisoberilo	BeAl₂O₄
Cuprita	Cu ₂ O
Gelo	H ₂ O
Zincita	ZnO
Brucita	Mg(OH) ₂
Manganita	MnO(OH)
Limonita	FeO(OH).nH ₂ O
Bauxita	Al(OH) ₃

2.2.3 – Halogenetos

Os halogenetos (haletos) são o grupo de minerais caracterizados pela predominância de íons **halogênicos** eletronegativos: Cl⁻, BR⁻, F⁻ e I⁻. São caracterizados por ligação **iônica**, geralmente, sistema **isométrico** e classe hexaoctaédrica. Sua **dureza** é **baixa** e são **maus condutores** de **calor** e **eletricidade**.



Mineral	Fórmula química
Halita	NaCl
Fluorita	CaF₂
Silvita	KCl
Serargirita	AgCl
Criolita	Na ₃ AlF ₆
Atacamita	Cu ₂ Cl(OH) ₃
Carnallita	KMgCl ₃ .6H ₂ O

2.2.3 – Carbonatos

Os **carbonatos** são um grupo de minerais à base de **carbono**, estando presentes, principalmente, nas rochas de origem **biogênica**, **calcários** e **dolomitos**. Essas rochas são passíveis de **carstificação**, devido à **dissolução** desses minerais pela ação da água que contém elementos ácidos, como o ácido carbônico (H₂CO₃) ou ácido sulfúrico (H₂SO₄). Nessas rochas, a **calcita** e a **dolomita** são solubilizadas, restando uma fração composta por SiO₂, Al₂O₃ e Fe₂O₃.



Mineral	Fórmula química
Calcita	CaCO₃
Dolomita	CaMg(CO₃)₂
Magnesita	MgCO₃



Siderita	FeCO_3
Rodocrosita	MnCO_3
Smithsonita	ZnCO_3
Aragonita	CaCO_3
Witherita	BaCO_3
Estroncianita	SrCO_3
Cerussita	PbCO_3
Malaquita	$\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$

2.2.3 – Nitratos

Os **nitratos** são um grupo de minerais que possuem como ânion principal o grupo iônico **[NO₃]⁻**. Esses minerais resultam da combinação do grupo radical **[NO₃]⁻** com metais, principalmente **Na e K** (além de Al, Ba, Ca, Cu, Mg, Ni), outros grupos aniônicos (SO₄ e OH) e ânions complementares (Cl) e água (H₂O).

Mineral	Fórmula química
Nitrato de sódio, Salitre do Chile	NaNO_3
Nitro	KNO_3
Nitrocalcita	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_{2.4}\text{H}_2\text{O}$

2.2.3 – Boratos

Os **boratos** são um grupo de minerais com estruturas em forma de **cadeias** ou **camadas**, com o íon de **boro** coordenando **três oxigênios** em sua configuração mais estável. A **boracita** apresenta sistema cristalino **ortorrômbico** e pode se converter para **isométrico** quando aquecido a temperatura de 265°. Suas principais características são **brilho vítreo**, **transparente** a **translúcido**, geralmente **incolor**, branco, **cinzento** e **verde**. Os boratos, relacionado à sua composição, podem ser **secos**, quando não possuem H₂O, OH⁻ ou outros grupos aniônicos, os boratos com **hidroxila**, quando possuem OH⁻, com ou sem íons complementares e não possuem água ou outros grupos aniônicos e os boratos hidratados, quando possuem H₂O, e não possuem hidroxila ou outros grupos aniônicos.

Mineral	Fórmula química
Boracita	$\text{Mg}_3\text{B}_7\text{O}_{13}\text{Cl}$
Szaibelyíta	$\text{MgBO}_2(\text{OH})$
Bórax	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_5 \cdot (\text{OH})_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
Colemanita	$\text{Ca}_{28}\text{B}_6\text{O}_{115}\text{H}_2\text{O}$
Ulexita	$\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ou $\text{NaCaB}_2\text{O}_6(\text{OH})_6 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Kernita	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Priceíta	$\text{Ca}_4\text{B}_{10}\text{O}_{19} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ou $\text{Ca}_2\text{B}_5\text{O}_7 \cdot (\text{OH})_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$

2.2.3 – Sulfatos e cromatos

Os **sulfatos** são um grupo de minerais que apresentam em sua estrutura o radical **SO₄⁻**. Eles se subdividem em sulfatos anidros e sulfatos **básicos** e **hidratados**. O principal sulfato **anidro** é a **barita** ou sulfato de **bário**, caracterizada por ser do sistema **ortorrômbico**, classe **bipiramidal**, possuir **clivagem** perfeita, brilho **vítreo**, cor **variável** (incolor, branca com matizes claros de azul, amarelo e vermelho). O sulfato **hidratado** mais comum é o **gipso**, do sistema cristalino **monoclínico**, clivagem **perfeita**, **dureza baixa** (pode ser riscado pela unha), brilho **vítreo**, podendo ser **nacarado** ou **sedoso**, cor **variável** (incolor, branco, acinzentado, tons de amarelo, verde e castanho), podendo ser transparente ou translúcido.





Mineral	Fórmula química
Glauberita	$\text{Na}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_2$
Barita	BaSO_4
Celestita	SrSO_4
Anglesita	PbSO_4
Anidrita	CaSO_4
Crocoíta	PbCrO_4
Antlerita	$\text{Cu}_3(\text{OH})_4\text{SO}_4$
Polialita	$\text{K}_2\text{Ca}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Gipso	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Epsomita	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Calcantita	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Alunita	$\text{KAl}_3(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2$

2.2.3 – Fosfatos, arsenatos e vanadatos

Os minerais de **fosfato** são aqueles em que o elemento **fósforo**, pentavalente, forma com o oxigênio um grupo iônico tetraédrico ($(\text{PO}_4)^{-3}$). A mesma configuração de ligação, incluindo mesma intensidade de força são construídas em torno dos íons pentavalentes do arsênio ($(\text{AsO}_4)^{-3}$) e do vanádio ($(\text{VO}_4)^{-3}$), formando os grupos de minerais **arsenatos** e **vanadatos**. Os minerais dos três grupos compõem o **segundo maior grupo**, ficando atrás apenas do grupo dos silicatos. Apesar do número grande de minerais desse grupo, os comuns são cerca de 35 minerais. Além disso, a maior parte desses minerais são raros ou relativamente raros.

Os três elementos (P, As e V) podem se substituir, mutualmente, como grupo coordenador central no grupo tetraédrico do oxigênio. Essa substituição pode resultar na formação de isoestruturas, como ocorre com os minerais piromorfita ($\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$), mimetita ($\text{Pb}_5(\text{AsO}_4)_3\text{Cl}$) e vanadita ($\text{Pb}_5(\text{VO}_4)_3\text{Cl}$);

Os minerais deste grupo, geralmente, apresentam **dureza baixa** a moderada (menor que 6), de **densidade variável**, **transparentes a translúcidos**, **brilho não metálico**, cor do **traço branco** ou **colorido**. A maioria dos minerais deste grupo cristaliza-se no sistema **monoclínico**, **ortorrômbico**, **triclínico** e **hexagonal/trigonal**.



Mineral	Fórmula química
Monazita	$\text{Ce, La...})\text{PO}_4$
Xenotímio	YPO_4
Trifilita	$\text{Li}(\text{Fe, Mn})\text{PO}_4$
Vivianita	$\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
Eritrita	$\text{CO}_3(\text{AsO}_4) \cdot 2.8\text{H}_2\text{O}$
Escoridita	$\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Apatita	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F, Cl, OH})$



Mimetita	$Pb_5(AsO_4)_3Cl$
Piromorfita	$Pb_5(PO_4)_3Cl$
Vanadinita	$Pb_5(VO_4)_3Cl$
Ambligonita	$Li,Na)AlPO_4F$ ou $(Li,Al) PO_4(F,OH)$
Lazulita	$(Mg,Fe)Al_2(PO_4)_2(OH)_2$ ou $MgAl_2(PO_4)_2(OH)_2$
Autunita	$Ca(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 10-12H_2O$
Torbernita	$Cu(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 8-12H_2O$
Zeunerita	$Cu(UO_2)_2(AsO_4)_2 \cdot 10-16H_2O$
Carnotita	$K(UO_2 \cdot VO_4)_2 \cdot 1,5H_2O$
Tyuyamunita	$Ca(UO_2)_2(VO_4)_2 \cdot 5-8 H_2O$
Turquesa	$CuAl_6(PO_4)_4(OH)_8 \cdot 4H_2O$
Wavellita	$Al_3(PO_4)_2(OH,F)_3 \cdot 5H_2O$

2.2.3 – Tungstatos e molibidatos

Tungstatos (ou **wolframatos**) e **molibidatos** são minerais constituídos pela combinação dos grupos, respectivamente, $(WO_4)^{+2}$ e $(MoO_4)^{+2}$ com metais como **Fe, Mn, Pb, Ca, U, Ba, Bi**, entre outros. Esses minerais compõem um grupo de abundantes e relativamente raros. Os elementos **Tungstênio** e **Molibdênio** possuem os mesmos raios iônicos, o que faz com que um pode substituir livremente o outro. No entanto, os dois elementos possuem pesos atômicos muito diferentes, e, por isso, comumente, são encontrados separados na natureza. Os minerais deste grupo são de **baixa dureza** (em geral, menor que 5,5), **transparentes** a **translúcidos**, de **brilho não metálico**, cor do **traço branca** a colorida (amarelo, verde, marrom ou preto).

Mineral	Fórmula química
Scheelita	$CaWO_4$
Hubnerita (wolframita)	$MnWO_4$
Ferberita (wolframita)	$FeWO_4$
Wulfenita	$PbMoO_4$
Powellita	$CaMoO_4$



(CESGRANRIO/Petrobras - 2012) Minerais silicáticos que têm como estrutura fundamental os tetraedros de SiO_4 organizados em estruturas planares (folhas), tais como a biotita e a clorita, pertencem ao grupo dos

- (A) ciclossilicatos
- (B) filossilicatos
- (C) inossilicatos
- (D) nesossilicatos
- (E) tectossilicatos

Comentários:



Os minerais que possuem a estrutura planares ou em folhas são os filossilicatos. Essa característica química atribui aos filossilicatos propriedades específicas como: hábito achatado ou em escama, clivagem basal perfeita a proeminente, lamelas de clivagem (placas) flexíveis, elásticas ou plásticas, com dureza baixa, normalmente inferior a 3,5 na escala Mohs, relativamente leves a ligeiramente pesados.

2 – Propriedades físicas dos minerais

As **propriedades físicas** dos minerais se referem às suas **expressões externas**, que são determinadas pelas suas **características internas**, ou seja, a **química** e a **estrutura** atômica. A depender dos minerais, algumas características podem ser utilizadas para a sua **identificação**. As propriedades físicas dos minerais podem ser agrupadas levando em consideração a sua **aparência** (forma cristalina e hábito), a interação com a **luz** (brilho, cor, cor do traço, luminescência), as propriedades **mecânicas** (dureza, tenacidade, clivagem, fratura e partição), a **massa** (peso específico e densidade relativa), além de outras propriedades (magnetismo, radioatividade, reatividade a ácido, entre outros).

2.1 – Propriedades baseadas na aparência


2.1.1 – Forma cristalina

A ocorrência dos minerais se dá como cristais ou grupos de cristais, os quais apresentam superfícies planas lisas e assumem formas geométricas como **tetraedro**, **octaedro** ou **cubo**. A **forma geométrica** regular assumida pela aparência externa de um mineral é denominada como **forma cristalina**. Como as formas cristalinas são a expressão da organização interna dos minerais, essa é uma das propriedades físicas **diagnóstica** dos minerais. O estudo da forma dos minerais é dado através da **cristalografia**.





2.1.2 – Hábito

O hábito de um mineral representa sua forma geral de **apresentação**, o que, nem sempre, consiste em uma forma cristalina, podendo incluir **irregularidades**, ou **malformações**, devido ao crescimento. Considerando a qualidade do desenvolvimento dos planos externos, os minerais podem ser classificados como **euédrico**, **subédrico** ou **anédrico**. Os minerais **euédricos** são aqueles completamente delimitados por faces cristalinas, ou seja, apresentam faces **bem formadas**. Os minerais **subédricos** são aqueles parcialmente delimitados por faces cristalinas e **parcialmente** por superfícies **irregulares**. Os minerais **anédricos** são aqueles que carecem de faces cristalinas e podem exibir **superfícies arredondadas** ou **irregulares**.

A qualidade de formação dos minerais depende das **condições** e sua **formação**, como por exemplo, a disponibilidade de **espaço** e ausência de **interferência** para seu crescimento. Os principais hábitos que os minerais assumem são acicular, capilar ou filiforme, laminar, cúbico, octaédrico, tabular, prismático, colunar, lamelar, escamoso, foliáceo, micáceo, granular

Hábito	Descrição	Ilustração
Acicular	Cristais delgados, compridos e finos semelhantes a agulhas.	



Capilar ou filiforme	Cristais semelhantes a cabelos ou fios.	
Laminado	Cristais são alongados e achatados como a lâmina de uma faca.	
Cúbico	Cristais que ocorrem na forma de cubos.	
Octaédrico	Cristais que ocorrem na forma de octaedros.	
Tabular	Cristais ocorrem na forma achatada segundo uma direção e alongados segundo outra direção, semelhante a tábuas.	
Prismático	Cristais são compridos segundo uma direção e possuem 3, 4, 6, 8 ou 12 faces, todas paralelas a direção de maior comprimento.	
Colunar	Cristais são robustos (grossos) e compridos segundo uma direção. Este hábito é semelhante ao prismático, porém não exibem faces bem delimitadas.	
<p>Lamelar: Cristais ocorrem formando pequenas lamelas.</p> <p>Escamoso: Cristais ocorrem constituindo escamas, semelhante a escamas de peixe.</p> <p>Foliáceo: Mineral se separa facilmente em lâminas ou folhas.</p> <p>Micáceo: Mineral pode ser fendido em lâminas muitíssimo delgadas, como nas micas verdadeiras.</p> <p>Granular: Mineral consiste em grãos pequenos ou grandes de formas irregulares.</p>		



(CESGRANRIO/Petrobrás - 2014)





Disponível em: <http://skywalker.cochise.edu/wellerr/mineral/minlist.htm>. Acesso em 10 jul. 2012.

Na Figura acima, estão expostos diferentes hábitos de minerais. Os hábitos R, S e T são denominados, respectivamente

	R	S	T
(A)	colunar	cúbico	octaédrico
(B)	colunar	tabular	octaédrico
(C)	tabular	tetragonal	cúbico
(D)	prismático	octaédrico	tetragonal
(E)	prismático	cúbico	tabular

Mineral R: Cristal robusto (grosso) e comprido segundo uma direção: hábito colunar.

Mineral S: Cristal com formato de cubo: hábito cúbico.

Mineral T: Cristal com formato de octaedro: hábito octaédrico.

2.2 – Propriedades baseadas na interação com a luz

As propriedades minerais relacionadas com o modo que se dá a **interação** entre a **luz** e o **mineral** incluem o brilho, a cor, o traço, e a luminescência.

2.2.1 – Diafaneidade

A **diafaneidade** (ou transparência) consiste na quantidade de **luz** que os minerais podem **transmitir**. O mineral **transparente** é aquele que **transmite**, permitindo a visualização de outros objetos através de si. Minerais transparentes incluem o **quartzo**, a **calcita** e a **maioria** das **gemas**. A transparência das gemas pode ser um indicativo da sua **qualidade**. Minerais **translúcidos** são aqueles que transmitem a luz de forma **difusa**. Os minerais translúcidos permitem a **visualização** de outros **objetos** através de si, mas **não** é possível ver a **forma** desses objetos com perfeição. Minerais **opacos** são aqueles **impenetráveis** à luz visível, como por exemplo, a maioria dos minerais **metálicos**.

2.2.2 – Brilho

O **brilho** consiste na aparência geral de um mineral sob a luz **refletida**. Os brilhos podem ser **metálico**, **não metálico** ou **submetálico** (intermediário entre o metálico e o submetálico). O brilho **metálico** é aquele apresentado por uma superfície metálica **polida**, geralmente são minerais que **refletem** a **luz** e são opacos à luz transmitida. O brilho **não metálico** é, geralmente, apresentado pelos minerais que **transmitem** a **luz**, podendo variar em aparência desde uma superfície **vítrea** até aparência **embaçada**. termos utilizados para



descrever o brilho de minerais não metálicos incluem **adamantino** (aparência com brilho do diamante), **vítreo** (peça polida de vidro), **resinoso**, perolado, **untuoso**, **sedoso** e **terroso**.

2.2.3 – Cor

A **cor** de um mineral é aquela que visualizamos ao observá-lo a **olho nu**. Essa cor está relacionada com a **química** e estrutura dos minerais. Algumas cores podem ser causadas por um elemento químico **essencial** ao mineral. Nesse caso, a cor é usada como uma ferramenta **diagnóstica**, uma vez que o mineral tem cor **constante**, por exemplo, enxofre (amarelo), malaquita (verde), azurita (azul), rodonita e rodocrosita (róseo-avermelhado a róseo) e turqueza (azul-esverdeado a verde-azulado).

A cor de um mineral com brilho **metálico** pode ser embaçada ou alterada com o tempo, devido presença de **manchas**. Por isso, para a identificação de minerais com brilho metálico baseado na cor é importante ter uma **superfície recém exposta**. Já para os minerais com brilho **não metálico**, a cor é **variável**, não sendo uma propriedade diagnóstica. Um exemplo é a turmalina, que apresenta um espectro completo de cor (transparente, róseo, azul, verde, amarelo, marrom e preto). Algumas gemas também apresentam variações de cor, podendo assumir diferentes nomes em função da sua cor, como a safira (coríndon azul) e o rubi (coríndon vermelho).

2.2.4 – Traço

O **traço** do mineral se refere à cor ao ser **riscado** em uma porcelana branca não vitrificada. Essa propriedade é, geralmente, **diagnóstica**. Como o mineral deve ser riscado pela porcelana, deve possuir **dureza** menor que a da porcelana, próximo a 7. Diferentes espécimes de um mesmo mineral apresentarão o **mesmo traço**, ainda que suas **cores** sejam **diferentes**, ou seja, a cor do mineral e a cor do traço não serão, necessariamente, as mesmas. Essa característica é útil principalmente para a identificação de minerais metálicos, que apresentarão traço colorido. Por outro lado, a maioria dos minerais **não metálicos** apresentam **traços esbranquiçados**.

2.2.5 – Jogo de cor

O jogo de cor consiste nos **lampejos** (flashes) brilhantes de cor variada contra um fundo branco ou preto, e ocorre devido a **difração** da **luz**. Os minerais que apresentam esse fenômeno apresentam no seu interior **feições estreitamente espaçadas** como esferas empacotadas ou lamelas finas. Esse fenômeno também pode ocorrer devido a **difração** e **reflexão** da luz por fraturas estreitamente espaçadas, planos de clivagens, lamelas de geminação, lamelas de exsolução ou inclusões exóticas em orientação paralela. Exemplos de minerais que apresentam esse fenômeno são a **opala** e o **plagioclásio**. A coloração mostrada pelo plagioclásio varia com a sua espessura, podendo ser azul, amarela, verde ou vermelho. Esses minerais podem ser usados como gema, sendo denominado de pedra da lua. Filmes finos produzidos por oxidação ou alteração dos minerais também podem provocar a interferência da luz.

2.2.6– Chatoyance e asterismo

Chatoyance consiste numa banda de luz em ângulo reto em relação ao comprimento das fibras ou à direção das inclusões presentes no mineral. Algumas gemas que apresentam essas características são o olho-de-gato (variedade do crisoberilo) e o olho-de-tigre. O asterismo é o fenômeno presente nos cristais em que as inclusões estão arranjadas em três direções de 120° uma das outras e que, quando cortados,



exibem uma estrela de seis pontas. Minerais que exibem o asterismo incluem o rubi-estrela, a safira e as granadas.

2.2.7 – Luminescência

A **luminescência** consiste na característica que alguns minerais possuem de **absorverem** uma forma de **energia** (térmica, mecânica ou eletromagnética) e posteriormente **emitem** essa energia na forma de **luz**. Essa característica pode se dar pela **fluorescência** e pela **fosforescência**. O mineral **fluorescente** é aquele que emite luz no espectro visível da luz durante sua exposição à **luz ultravioleta**, **raio X** ou raios **catódicos**. O mineral **fosforescente**, por outro lado, é aquele que emite luz mesmo **depois** que os **raios** excitantes são **interrompidos**.

Esses fenômenos ocorrem como resultado da **excitação** dos íons **metais de transição**, que se comportam como **ativadores efetivos**, ao serem excitados por uma radiação invisível curta (como a luz ultravioleta). A **emissão** de luz ocorre quando os **elétrons** excitados **retornam** ao seu nível de menor energia. A principal diferença entre a **fluorescência** e a **fosforescência** é o **tempo** que a luz continua a ser emitida pelo material, sendo que nos materiais fosforescentes, há um atraso de tempo entre a excitação dos elétrons para um nível de energia mais alto e seu retorno ao estado estável, podendo emitir luz até horas depois dos raios excitantes cessarem.

A denominação como fluorescência deve-se ao mineral **fluorita**, que exibe o fenômeno (coloração azul), devido à presença de matéria orgânica ou íons de terras-raras na sua estrutura. Outros minerais que exibem o fenômeno são **scheelita**, **willemita**, **calcita**, **escapolita** e **diamante**. Essa característica pode auxiliar na prospecção de depósitos minerais valiosos.

2.3 – Propriedades mecânicas

As propriedades mecânicas dos minerais refletem a intensidade das **forças internas** que unem os átomos, ou seja, estão relacionadas à força das **ligações químicas**. Essas propriedades são a **clivagem**, a **fratura** a **partição** e a **dureza**. Essas propriedades representam às **respostas** de um mineral à **aplicação** de uma **força** externa. Quando a tensão aplicada em um mineral é superior à sua capacidade de resistência, ocorre a **ruptura** da sua **estrutura**.

2.3.1 – Clivagem

A clivagem consiste na **tendência** de um mineral de se **romper** ao longo de **planos paralelos**. Esses planos em que ocorre a clivagem do mineral representam aqueles em que as **ligações** responsáveis pela união dos átomos são **mais fracas**. Essa característica é evidenciada pelas **estruturas laminares**, como pode ser observado nas **micas** e **grafita**. O tipo de clivagem de um determinado mineral pode ser sua característica **diagnóstica**.

A classificação da clivagem pode ser feita em termos da sua **qualidade** (perfeita, boa, regular, má ou ausente), do número de **direções** de clivagem e pela orientação dos planos de clivagem. A **qualidade** da clivagem consiste na **facilidade** com que se dá a ruptura da estrutura e da perfeição da **superfície rompida**. A **descrição** da clivagem pode ser realizada identificando-se o **número** de **direção** de clivagem. A Figura 5 mostra seis tipos de clivagem, relacionando-os, em termos cristalográficos com os **eixos** de **simetria**. Essa



metodologia emprega-se os **índices de Miller** (detalhado no item sobre cristalografia). A clivagem é dada de forma sempre consistente com a simetria de uma forma cristalina.

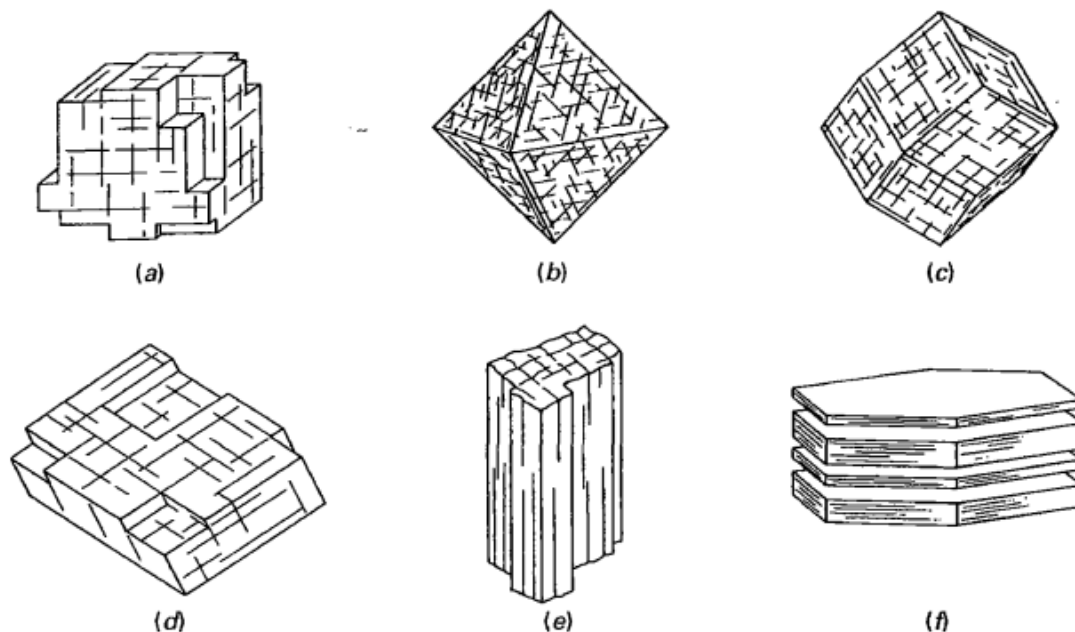


Figura 5 - Representação da relação entre os planos de clivagem e a forma mineralógica (a) Cúbica (3 direções de clivagens paralelas às faces do cubo), (b) Octaédrica (4 direções), (c) Rombododecaédrica. (6 direções). (d) Romboédrica. (3 direções), (e) Prismática. (2 direções) e pinacoidal. (1 direção). (f) Pinacoidal, basal. (1 direção). Fonte: KLEIN & DUTROW. 2012⁴

2.3.2 – Partição

A **partição** consiste na ruptura de um mineral ao longo de **planos específicos**, se diferenciando da clivagem pela presença de **descontinuidades**, ou **ausência de uniformidade** nos planos de partição. As fraquezas nesses planos resultam de **pressão externa** ou de **defeitos internos**. Enquanto a clivagem é característica de um tipo de mineral, estando presente em todos daquela espécie, a partição **não é observada** em **todas as espécies** de um mesmo mineral.

2.3.3 – Fratura

A fratura consiste na ruptura de um mineral quando **não segue** uma **direção particular**, ocorre na ausência de superfícies de clivagem ou partição. Isso ocorre quando a **força das ligações** é aproximadamente **igual** em todas as direções. Essa característica pode ser usada para o **diagnóstico** de certos minerais. Com base na aparência, as fraturas podem ser **concoidal**, **fibrosa** (ou estilhaçada), **serrilhada** e **desigual** ou **irregular**.

2.3.4 – Dureza

A dureza consiste na **resistência** que uma superfície lisa de um mineral oferece ao ser **riscada**, seja por outro mineral ou por objetos como o canivete. Essa propriedade está relacionada com a **força das ligações**,

⁴ KLEIN C. DUTROW B. Manual de Ciência dos Minerais, 23ª Edição, Bookman, 2012



sendo uma expressão da sua **ligação mais fraca**. O padrão de risco dos minerais pode ser a abertura de **sulco** ou o seu **microfraturamento**. A sequência da dureza de 10 minerais é conhecida como escala de **dureza de Mohs**, que vai do Talco (dureza 1) até o diamante (dureza 10), conforme tabela abaixo⁵.

Além da escala de dureza dos minerais, algumas referências de durezas aproximadas são: **unha** (dureza 2,2), **moeda de cobre** (dureza 3,2), **aço** - tesoura, canivete (dureza 5,1), **vidro** (dureza 5,5) estilete de **aço**. Devido a fraqueza das ligações do talco, sua superfície pode ser riscada com a pressão da unha. Já o diamante, devido à força de ligação dos seus átomos nenhum outro mineral pode riscá-lo.



Escala de Mohs			
Mineral	Dureza	Outros materiais	Observações nos minerais
Talco	1		Muito fácil de riscar com a unha. possui tato untuoso
Gipsita (ou gesso)	2	2,2 unha	Pode ser riscado com a unha
Calcita	3	3,2 moeda de cobre	Muito fácil de riscar com um canivete e razoavelmente riscado por uma moeda de cobre
Fluorita	4		Facilmente riscado com canivete, mas não tão facilmente como a calcita
Apatita	5	5.1 aço do canivete/ 5,5 placa de vidro	Riscada com canivete, mas com dificuldade
Ortoclásio	6	6.5 estilete de aço	Não pode ser riscado com um canivete, mas risca o vidro
Quartzo	7	7.0 placa de porcelana	Risca o vidro facilmente
Topázio	8		Risca o vidro muito facilmente
Coríndon	9		Corta o vidro
Diamante	10		Usado como cortador de vidro

2.3.5 – Tenacidade

A tenacidade consiste na **resistência** de um mineral se **romper** ou se **deformar**, sendo que tal propriedade está relacionada com as suas ligações internas. Um mineral, em termo de tenacidade, pode ser **quebradiço, maleável, séctil, dúctil, flexível e elástico**.

⁵ KLEIN C. DUTROW B. Manual de Ciência dos Minerais, 23ª Edição, Bookman, 2012



Quebradiço	mineral que se rompe facilmente; halita
Maleável	mineral que pode ser partido em estampas delgadas; cobre
Séctil	mineral que pode ser cortado em aparas delgadas com um canivete; calcocita
Dúctil	mineral que pode ser estirado para formar fios; ouro
Flexível	mineral que se encurva e não retorna à posição original quando a pressão cessa; folhas de clorita, talco
Elástico	mineral que se encurva e retoma a posição original ao cessar a pressão; micas

2.4 – Propriedades relacionadas à massa

2.4.1 – Massa específica e densidade relativa

A **massa específica** de um mineral consiste na relação entre sua **massa** e seu **volume**. Já a **densidade relativa** (d) de um mineral consiste na razão entre o seu **peso** e o **peso** de um volume igual de **água** a 4°C. Essas propriedades são úteis para a **identificação** dos minerais, principalmente em gemas, pois não os destroem, enquanto outras formas de identificá-los poderiam danificá-los.

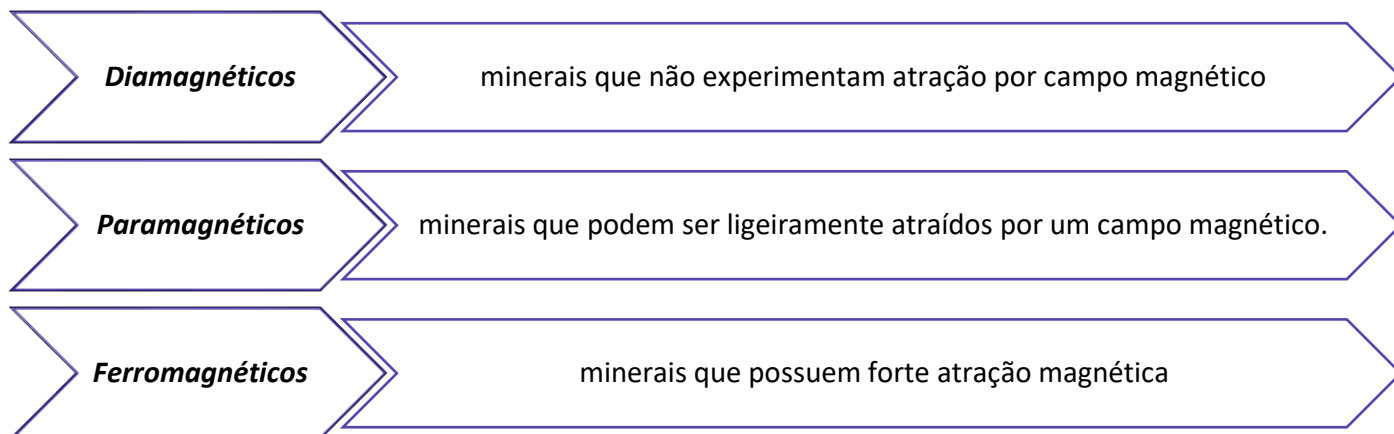
Essas propriedades dependem da sua **composição química** e do **empacotamento** dos átomos em suas estruturas cristalinas. O elemento de maior peso atômico e o maior empacotamento dos átomos fornecem a maior densidade relativa de a massa específica o mineral. Esse maior empacotamento está relacionado, por exemplo, à **pressão de formação** do **mineral**. Por exemplo, o diamante e a grafita, compostos por carbono elementar (C), possuem densidades diferentes. Enquanto o diamante, formado a maiores pressões, possui densidade relativa elevada (3,5 g/cm³), a grafita, formada em menores pressões, possui menor densidade relativa (2,3 g/cm³).

2.5 – Outras propriedades diagnósticas

2.5.1 – Magnetismo

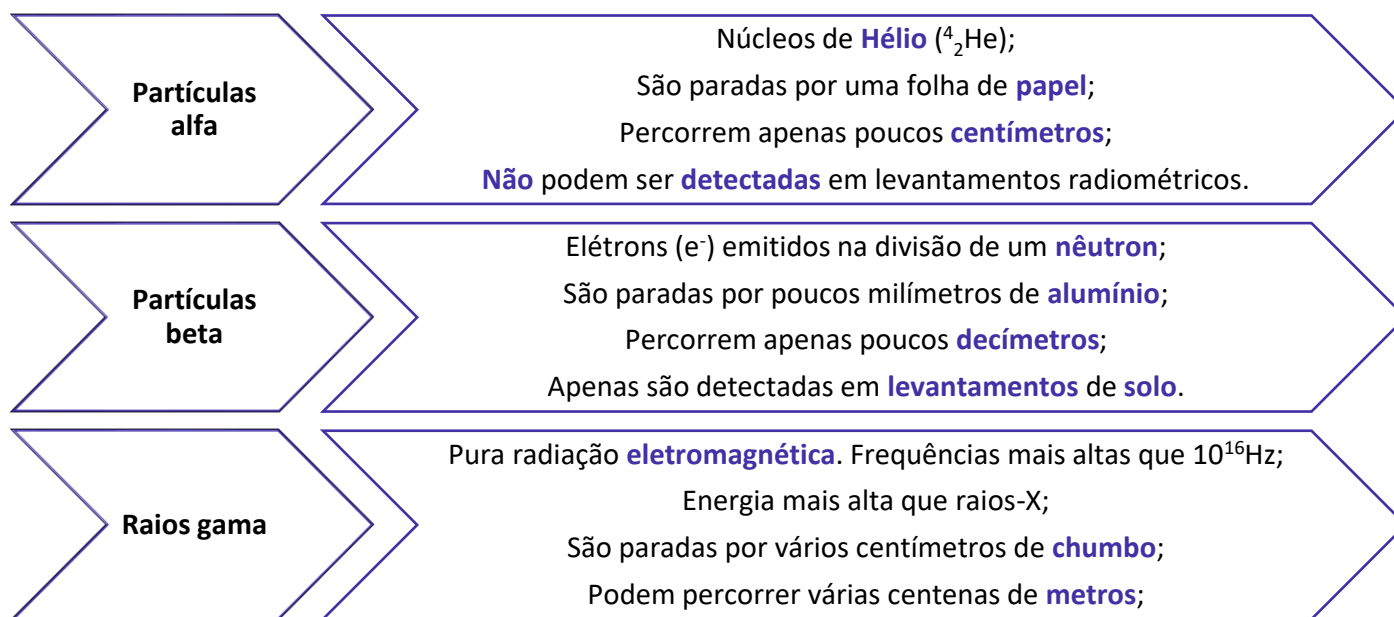
O magnetismo de um mineral está relacionado com a sua capacidade de ser **atraído** ou **repelido** pelos ímãs. Com relação ao magnetismo, os minerais podem ser classificados como **diamagnéticos**, **paramagnéticos** ou **ferromagnéticos**.





2.5.2 – Radioatividade

A radioatividade é uma característica de minerais que possuem elementos radioativos como o **urânio** e o **tório**. Durante o decaimento, esses elementos liberam energia na forma de partículas **alfa** e **beta** ou de radiação **gama**.



2.5.3 – Solubilidade em ácidos

A **solubilidade** em ácidos consiste na característica que alguns minerais possuem de sofrer **reação** com o **ácido hidrocloreto** diluído. Essa propriedade é importante para a identificação de minerais carbonatos, como a calcita. A reação desses minerais com o ácido ocorre com a **liberação** do gás **dióxido de carbono**, produzindo **efervescência**.

2.5.4 – Testes sensoriais

Os testes sensoriais consistem em identificação de alguns minerais através dos nossos **sentidos**, devido a certas características como o **odor**, **paladar** ou **tato**. Mineral como o enxofre pode ser identificado pelo



cheiro como o gás produzido por ovos podres. Os argilo-minerais apresentam cheiro de terra molhada. A halita pode ser identificada pelo gosto salgado e a silvita pelo gosto salgado e amargo. Minerais como a molibdenita, a grafita e o talco podem ser identificadas pelo tato, pelo aspecto untuoso.

2.6 – Propriedades elétricas

As propriedades elétricas incluem a **piezoelectricidade** e a **piroelectricidade**. Os minerais **piezoelétricos** são aqueles que adquirem uma **carga elétrica** quando submetidos a uma **pressão** dirigida, tornando-se positivamente carregados em um dos lados e negativamente carregados no outro. Entre os minerais piezoelétricos incluem a **turmalina** e o **quartzo**. Essa propriedade possui aplicação industrial para o controle de frequências de rádio em circuitos eletrônicos.

Os minerais **piroelétricos** são aqueles que **podem** desenvolver uma **carga elétrica** quando **aquecidos**. Na presença do **calor**, a estrutura mineral se distorce, provocando o **deslocamento** das **cargas** positivas e negativas. Para que os minerais mostrem esse fenômeno, devem possuir propriedades específicas, como uma única direção cristalográfica polar. Exemplo de mineral piroelétrico é a **turmalina**.



(AOCPCASAN - 2015) Com relação aos minerais e rochas, assinale a alternativa INCORRETA.

- (A) A escala de Mohs avalia o brilho dos minerais.
- (B) Os minerais não são todos translúcidos.
- (C) Alguns minerais produzem efervescência quando em contato com ácido clorídrico.
- (D) A estrutura de uma rocha ígnea está relacionada com a sua gênese.
- (E) A textura avalia o arranjo e tamanho dos minerais nas rochas.

Comentários:

A única alternativa incorreta é a **letra A**, gabarito da questão. Ao contrário do que afirma a alternativa, a escala Mohs avalia a dureza dos minerais, e não o brilho.

4 – Técnicas de investigação dos minerais

As técnicas de investigação dos minerais são aquelas que visam **identificar qualitativa** e/ou **quantitativamente** um ou mais minerais. Essas técnicas são empregadas nas situações em que as propriedades **macroscópicas** dos minerais foram **insuficientes** para a sua identificação.

As principais técnicas de análises mineralógicas incluem **propriedades óticas**, com o uso da **luz polarizada**, **análises químicas**, utilização de **raios X** (difração de raios X e fluorescência de raios X) e técnicas de **feixe de elétrons** (microscópio eletrônico de varredura, microscópio eletrônico de transmissão e análise por microsonda eletrônica). A seguir são apresentados os principais conceitos relacionados a cada uma dessas técnicas.



4.1 – Microscopia óptica

A **microscopia óptica** é uma técnica, de uso fácil e rápido, para o estudo de **materiais cristalinos**, por meio do **microscópio petrográfico**, o qual utiliza a **luz polarizada**, sendo, por isso, chamado de **microscópio de polarização**. Para esse estudo, são utilizadas **lâminas petrográficas**, nas quais os minerais são fixados, com uso de cimento transparente, e mantêm uma espessura de aproximadamente 30 μ m.

A identificação de um mineral por meio das propriedades ópticas envolve a medida do **índice de refração**, **sinial** e **ângulo óptico**, **cor** e **orientação óptica** do cristal em relação aos eixos cristalográficos. Além disso, algumas das propriedades ópticas fornecem informações texturais e espaciais sobre a assembleia mineralógica, de forma que aspectos relacionados às reações e **variações** de **pressão** e **temperatura** atuantes na formação desses minerais podem ser identificados opticamente.

A microscopia óptica utiliza a **luz visível** como fonte de energia, a qual apresenta propriedades tanto de uma **onda** como e uma **partícula**, sendo o seu comportamento descrito por meio da **teoria quântica** e a **teoria ondulatória**. Conforme descrito pela teoria ondulatória, a luz, utilizada para analisar os cristais, é um tipo de onda **transversal**, em que a sua **propagação** ocorre em **linha reta** e a **vibração** se dá em **todas as direções** possíveis, **perpendicularmente** a essa direção de propagação.

As diferentes cores de luz são determinadas pelo seu **comprimento de onda**, que varia de aproximadamente 700 nm (vermelho) até aproximadamente 400 nm (violeta). A luz composta de **todos** os **comprimentos de onda** desse intervalo é a **luz branca** e a luz constituída de **um só** comprimento de onda é a **luz monocromática**.

4.1.1 – Características e comportamentos das ondas

Onda é definida como sendo **perturbações** que se propagam pelo espaço, **sem** que haja o **transporte** de **matéria**, apenas de energia. Uma onda é caracterizada pelos elementos **comprimento de onda** (λ), **amplitude** (A), **velocidade** (c), **frequência** (f) e **período** (T). A **amplitude** consiste na **altura** da **onda**, dada pela distância entre o ponto de equilíbrio (repouso) da onda até a **crista** (ou até o **vale**). A **crista** e o **vale** representam, respectivamente, os pontos **máximo** e **mínimo** da onda. A distância entre **dois vales** ou entre **duas cristas** define o **comprimento de onda**. Os elementos da onda são ilustrados na Figura 6

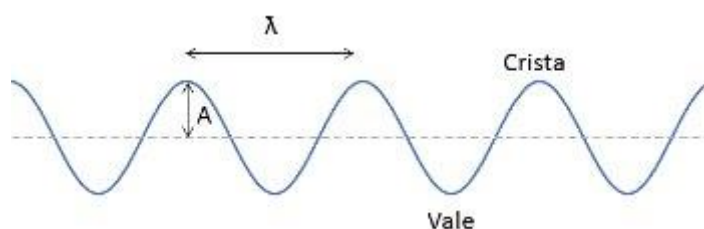


Figura 6 - Representação dos elementos de uma onda.

A **velocidade** de **propagação** da onda depende do **meio de propagação**. Caso a onda mude o meio de propagação, ocorrerá mudança da sua velocidade. A **frequência** corresponde ao número de **oscilações** da onda em um determinado **intervalo** de **tempo**. Ao contrário da velocidade, a frequência da onda não **depende** do meio de propagação, mas apenas da frequência da **fonte** que a emitiu. O **período** (T) consiste



no tempo correspondente a um comprimento de onda. A relação entre a velocidade, frequência e comprimento de onda é dada por:

$$c = f \cdot \lambda$$

Dessa expressão, tem-se que, para uma mesma frequência, a velocidade é maior quanto maior o comprimento de onda. A relação entre frequência e período é:

$$f = \frac{1}{T}$$

A frequência permanece constante quando penetra em um determinado material, pois depende da fonte. Por outro lado, o comprimento de onda e a velocidade da luz variam quando passam de um material para outro. Ao passar de um material A para um material B, a mudança no comprimento de onda da luz e na sua velocidade ocorrem na mesma proporção, conforme descrito pela relação:

$$\frac{c_A}{c_B} = \frac{\lambda_A}{\lambda_B}$$

4.1.1 – Reflexão e refração das ondas

Quando a luz passa de um meio para outro, parte da luz **reflete** de volta e parte penetra no vidro e **refrata**. Ao passar de um meio para outro, a luz pode **aumentar** ou **diminuir** de **velocidade**, a depender do **índice de refração** (n) desses dois meios. O **índice de refração** é definido como sendo a relação entre a **velocidade** da luz no **vácuo** (c) e a velocidade da luz no **material** considerado (c_w):

$$n = \frac{c}{c_m} = \frac{c_{ar}}{c_{mineral}}$$

A **velocidade** de propagação da luz no mineral está relacionada com a sua **densidade**, sendo que, quanto **maior** a **densidade** de um mineral transparente, **menor** é a **velocidade** com que a luz se propaga nele. A direção de propagação da luz em um material é expressa pela **Lei de Snell**, que relaciona o **ângulo de incidência** (i) e o **ângulo de refração** (r) com os **índices de refração** (n) e a **velocidade** da **luz** nesse meio (c).

$$\frac{\text{sen}(i)}{\text{sen}(r)} = \frac{n_r}{n_i} = \frac{c_i}{c_r}$$

Como a **velocidade** é **maior** para os **maiores comprimentos** de **onda**, considerando uma mesma frequência, os cristais apresentarão **diferentes índices de refração** para diferentes **comprimentos de onda**. o que caracteriza o fenômeno chamado de **dispersão**. Como consequência do fenômeno da dispersão, apenas um comprimento de onda (**luz monocromática**) é utilizado para fazer medidas de **índices de refração**.

Quando o raio passa de um meio 1, de **menor índice** de refração (n_1), para um meio 2, de **maior índice** de refração (n_2), a **velocidade** do raio no meio 2 é **menor** que a velocidade no meio 1, e o **raio se aproxima** da reta **normal** da superfície de incidência. Por outro lado, quando o raio passa de um **meio 1**, de **maior** índice de refração (n_1), para um **meio 2**, de **menor** índice de refração (n_2), a **velocidade** do raio no meio 2 é **maior** que a velocidade no meio 1, e o raio se **afasta** da reta **normal**.



O ângulo de **incidência maior**, resulta no ângulo de **refração maior**. Na situação em que o raio passa de um meio com **maior índice** de refração para um de **menor índice** de refração, no qual o raio refratado se **afasta** da **normal**, para ângulos de incidência acima de uma certa **inclinação**, o **ângulo de refração é 90°**, de forma que o raio refratado se desloca **paralelamente** à superfície da interface de separação entre os dois meios. O ângulo de incidência, no qual o raio refratado assume ângulo de 90° é denominado de **ângulo crítico**. Os raios com ângulo de incidência acima do ângulo crítico sofrem **reflexão total** e voltam ao mesmo meio de incidência (de maior índice de refração).

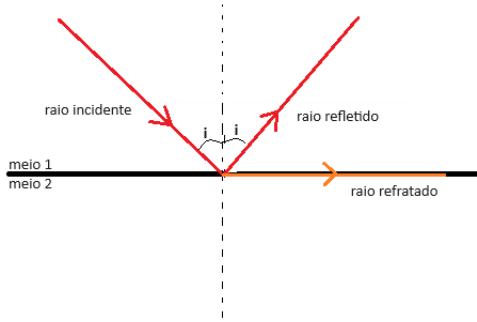
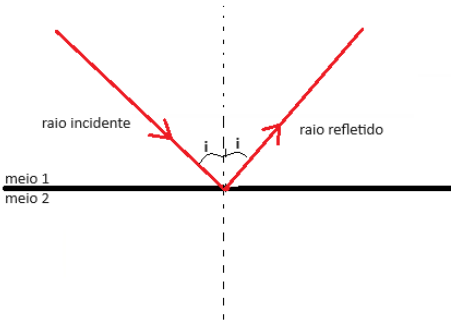
A determinação do **ângulo crítico** de um mineral pode ser realizada por meio de um instrumento chamado de **refratômetro**, no qual é utilizado uma hemisfera polida de vidro com alto índice de refração. Ao conhecer o índice de refração da hemisfera e o ângulo crítico do mineral, é possível determinar o índice de refração do mineral por meio da expressão:

$$n_{\text{mineral}} = \text{sen} \theta_{\text{ângulo crítico}} \times N_{\text{hemisfera}}$$

Quando a luz passa do ar para o mineral, sua velocidade diminui, se aproximando da normal, em relação ao raio incidente, já que o índice de refração no mineral é maior que no ar.



Relação índices de refração	Descrição	Ilustração
$n_1 < n_2$	Quando o raio passa de um meio de menor índice de refração (n_1) para um meio de maior índice de refração, a velocidade no meio 2 é menor que no meio 1, e o raio refratado se aproxima da normal.	
$n_1 > n_2$ ($\theta < \theta_{\text{crítico}}$)	Quando o raio passa de um meio de maior índice de refração (n_1) para um meio de menor índice de refração, com um ângulo de incidência menor que o ângulo crítico, a velocidade no meio 2 é maior que no meio 1, e o raio refratado se afasta da normal.	

Relação índices de refração	Descrição	Ilustração
$n_1 > n_2$ ($\theta = \theta_{\text{crítico}}$)	Quando o raio passa de um meio de maior índice de refração (n_1) para um meio de menor índice de refração, com um ângulo de incidência igual ao ângulo crítico, o raio refratado se desloca paralelamente à superfície da interface de separação entre os dois meios, fazendo um ângulo de 90° com a normal.	
$n_1 > n_2$ ($\theta > \theta_{\text{crítico}}$)	Quando o raio passa de um meio de maior índice de refração (n_1) para um meio de menor índice de refração, com um ângulo de incidência maior ao ângulo crítico, ocorre reflexão total.	



(CEBRASPE/PF - 2013) Com relação à mineralogia, julgue os itens a seguir.

Entre os parâmetros ópticos medidos com a utilização do microscópio, destaca-se o índice de refração (n), definido como a razão entre a velocidade da luz no vácuo (c) e a velocidade da luz no mineral (v), isto é, $n = c/v$. O índice de refração é, portanto, um número adimensional inversamente proporcional à velocidade de propagação da luz no mineral.

Comentários:

Inicialmente, o gabarito da questão foi dado como **certo**, veja:

O índice de refração é definido como sendo a relação entre a velocidade da luz no vácuo (c) e a velocidade da luz no material considerado (c_m):

$$n = \frac{c}{c_m} = \frac{c_{ar}}{c_{mineral}}$$

No entanto, no gabarito definitivo, a banca anulou o item com a seguinte justificativa:

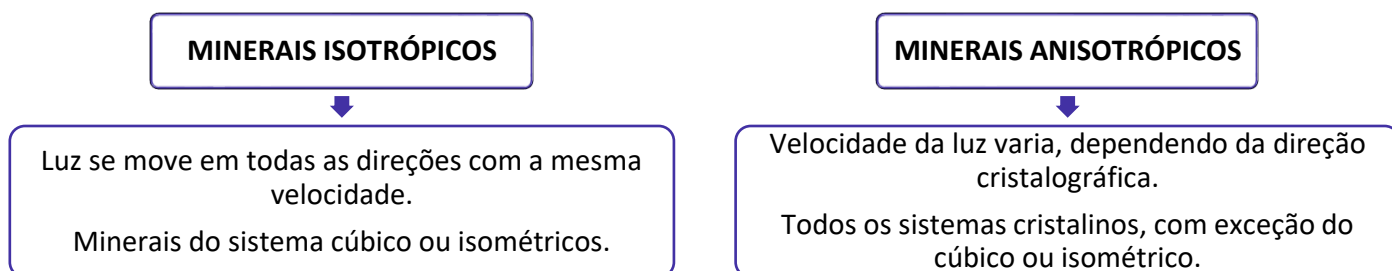
"O aparelho que mede o índice de refração é o refratômetro. Dessa forma, optar-se-ia pela alteração do gabarito. Porém, conforme previsto em edital, no tópico 18.6.1, existe a possibilidade apenas de anulação dos itens. Diante disso, opta-se pela anulação."

Gabarito: **anulada**



4.1.2 – Propriedades ópticas dos minerais

Os cristais podem ser classificados como **isotrópicos** e **anisotrópicos**. Os cristais **isotrópicos** incluem aqueles do sistema **cúbico** ou **isométricos**, nos quais a **luz** se move em todas as **direções** com a **mesma velocidade** e, por isso, esses cristais possuem apenas **um índice de refração**. Os cristais **anisotrópicos** são todos os **demais** (com exceção daqueles do sistema cúbico), e nesse caso, a **velocidade** da luz **varia** dependendo da **direção cristalográfica** em que se desloca, e, por isso, apresentam **mais de um índice de refração**.



Como a **luz** descreve um movimento **ondulatório**, suas **vibrações** ocorrem em todas as direções **perpendiculares** à direção de **propagação** (Figura 7a). No entanto, como no caso das análises ópticas, em que a luz é confinada a vibrar em um **único plano** (Figura 7b), ela é denominada de **plano-polarizada**. A luz polarizada pode ser obtida por **absorção** e por **reflexão**.

A luz polarizada por **absorção** ocorre quando os cristais anisotrópicos absorvem, quase que completamente, um dos raios enquanto o outro raio sofre apenas uma pequena **absorção**. Além disso, uma luz que é **refletida** de uma superfície lisa não metálica é **parcialmente polarizada**, sendo que o grau de polarização depende do **ângulo de incidência** e do **índice de refração** da superfície refletora.

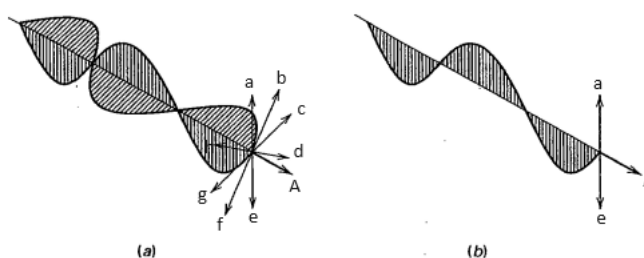


Figura 7 - Representação da propagação de uma onda Fonte: Modificada de KLEIN & DUTROW. 2012⁶

Os **microscópios** de polarização, ou petrográfico, utilizam dois **filtros polarizadores** para analisar objetos de acordo com a sua **interação** com a **luz**. Eles são os instrumentos utilizados para determinar as **propriedades ópticas** dos minerais. Os principais componentes de um microscópio de polarização são apresentados abaixo.

⁶ KLEIN C. DUTROW B. Manual de Ciência dos Minerais, 23ª Edição, Bookman, 2012



Componente	Descrição
Platina	Base em que é posicionada a lâmina para análise.
Objetivas	lentes utilizadas para produzir imagem ampliada do objeto. Objetivas de ampliação baixa (4X), média (10X) e alta (100X).
Ocular	Amplia a imagem focalizada pela objetiva. Exibem retículos cruzados N-S e E-W.
Lente condensadora	Utilizada com a objetiva de grande aumento. Faz a luz convergir para o centro do campo de observação do microscópio. Pode ser inserida ou retirada.
Diafragma íris	Permite controlar a profundidade de foco ou regular a intensidade de luz que penetra no microscópio.
Polarizador	Transmite luz polarizada que vibra na direção N-S. Permanece fixo no microscópio
Analisador	Transmite luz plano - polarizada que vibra na direção E-W. Pode ser removido.
Lente de Bertrand	Utilizado para observar figuras de interferência.



Uma das formas de **distinguir** os minerais **isotrópicos** dos **anisotrópicos** é o uso das duas lentes **polarizador** e **analisador**. Ao utilizar as duas lentes, os minerais **isotrópicos** serão **extintos** (o campo de observação do microscópio fica preto), isso porque a luz polarizada atravessa o mineral isotrópico e vibra no mesmo plano (**N-S**). No entanto, o **analisador** apenas permite a passagem da luz que vibra na **direção E-W**.

A determinação do **índice de refração** de um mineral **isotrópico** pode ser realizada por meio do método de imersão ou da **linha de Becke**. A linha de Becke consiste em uma linha tênue luminosa que se forma no **limite** do **grão mineral**, quando esse é desfocado (abaixando a platina), após ser imerso em um **líquido de calibração** com índice de refração conhecido. Em virtude da diferença do índice de refração do líquido e do mineral, é formado um **relevo**, fazendo com que os minerais se destacam em relação ao líquido que o envolve.

Quando o mineral é desfocado, abaixando a platina, a **linha de Becker move** em direção ao meio com **maior índice de refração**. Se a linha de Becker se move em direção ao grão mineral, significa que ele tem um índice de refração maior que o líquido circundante. Nesse caso, deve **substituir** o **líquido** circundante por um de índice de refração maior até que a **linha de Becke não se forme**, situação em que o grão **mineral** se tornará **invisível**, indicando que o **índice de refração** do mineral é o **mesmo** do **líquido** circundante. O índice de refração do mineral é, muitas vezes, interpolado, com um erro de $\pm 0,003$.

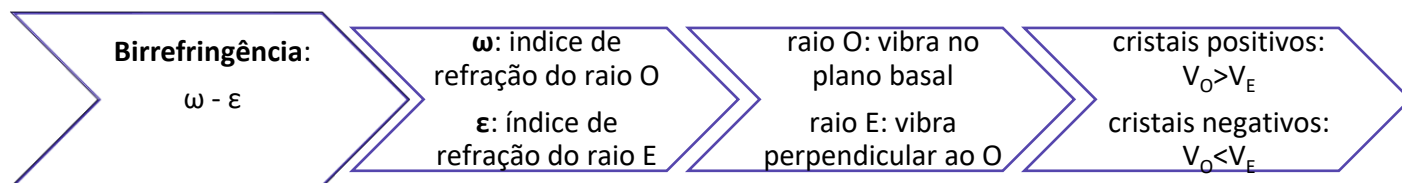


O **índice de refração**, assim como a **cor**, são as únicas características ópticas significativas dos minerais **isotrópicos**, e para a sua identificação deve-se, também, levar em consideração outras propriedades como a **clivagem**, **fratura**, **cor**, **dureza** e **densidade relativa**.

Em minerais **isotrópicos**, a luz se desloca com a mesma velocidade em **qualquer direção** e vibra em todas as direções perpendiculares à direção de propagação. Nos minerais dos sistemas **tetragonal** e **hexagonal**, a luz se desloca dessa maneira apenas na direção **paralela** ao eixo cristalográfico **c** e a luz vibra em todas as direções no plano basal. Os minerais desses sistemas são denominados de **uniaxiais** e o **eixo c** é denominado de **eixo óptico**. Já os minerais dos sistemas **ortorrômbico**, **monoclínico** e **triclínico**, possuem dois eixos ópticos e são chamados de **biaxiais**. Já os minerais dos sistemas trigonal, tetragonal e hexagonal são uniaxiais.

Os cristais anisotrópicos podem ser **uniaxiais (monoaxiais)** (quando possuem dois índices de refração) ou **biaxiais** (quando possuem três índices de refração). Nos cristais **uniaxiais**, quando a **luz** se desloca em uma direção que **não** seja **paralela** ao **eixo c**, ela se **divide** em dois raios de luz (raio **ordinário**, **O**, e raio **extraordinário**, **E**), que se propagam com **velocidades diferentes**. O raio **ordinário** é orientado para vibrar no **plano basal** e o raio **extraordinário** vibra em plano **perpendicular** ao **ordinário**. Quando o plano inclui o **eixo c**, é denominado de **seção principal**. Quando o raio **O** tem a maior velocidade (V_O), os cristais uniaxiais são denominados de **positivos**, já quando o **raio E** tem a **maior velocidade** (V_E), são denominados de **negativos**.

Em virtude das diferentes velocidades dos raios **O** e **E**, esses cristais possuem **diferentes índices de refração**. O índice de refração relacionado à vibração ao longo do raio **ordinário** é denominado de ω (ômega) e o índice de refração relacionado ao raio **extraordinário** é o ϵ (épsilon). Nos cristais positivos, ω é menor que ϵ , e nos cristais negativos, ω é maior que ϵ . A diferença entre ω e ϵ é denominada de **birrefringência**.



A **indicatriz uniaxial** consiste em um esferoide de revolução, no qual as **linhas radiais** são **proporcionais** aos **índices de refração**. O formato da indicatriz é **alongado** para cristais **positivos** e com **achatado** para os cristais **negativos**. Quando a luz se desloca paralelamente ao eixo óptico, ela não sofre dupla refração, mas ao se deslocar perpendicularmente ao eixo óptico, ela sofrerá dupla refração.

O fenômeno da **extinção** acontece nos cristais **isotrópicos** em **qualquer posição**, quando os **polaroides** estão **cruzados**, e pode acontecer também nos cristais **uniaxiais**, em duas condições, quando os polaroides estão **cruzados**. Essas condições são a luz se deslocar **paralelamente** ao eixo **óptico**, pois a luz é barrada pelo analisador, e quando a direção de **vibração** da **luz** que sai do **polarizador coincide** com uma das direções principais de **vibração** da **luz** no **cristal**.

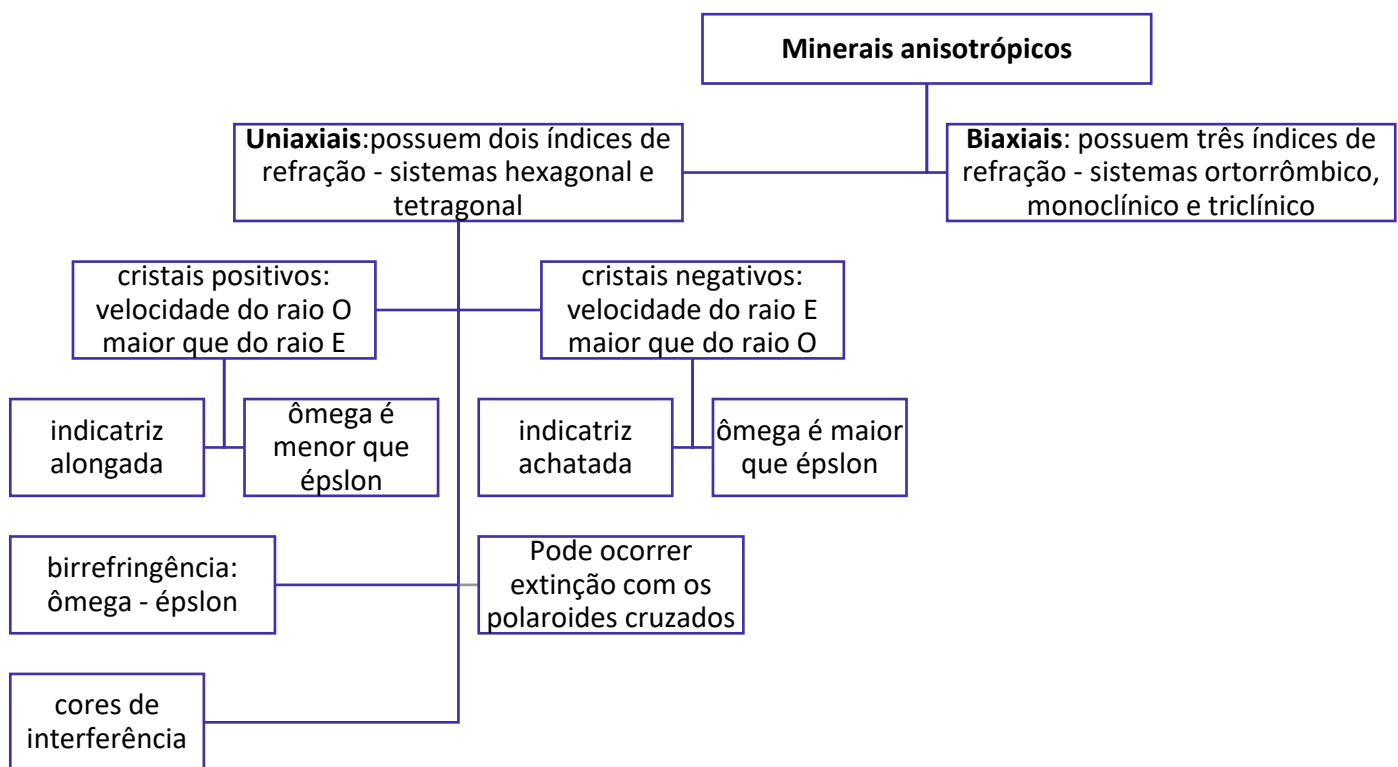
Quando o cristal é **girado** da posição de extinção até a sua iluminação máxima a 45° da posição de extinção, e, em um giro de 360° , o cristal exibe **4 posições** de **extinção**, se repetindo a cada 90° . Quando o mineral é colocado em **posições intermediárias**, entre duas posições de extinção, a **luz** polarizada que



penetra o cristal é **dividida** em dois componentes, sendo um dos componentes o **raio O**, que vibra no plano **basal**, e o outro o **raio E**, que vibra na **secção principal**.

Os dois raios se deslocam, pelo cristal, com velocidades diferentes e, quando emergem do cristal há uma **diferença de fase** entre os dois raios, o que faz com eles sofram **interferência**. Para a luz **monocromática**, quando a diferença de um raio para outro é um número **inteiro** de **comprimento de onda**, a interferência ocorre com um **escurecimento** do cristal. Quando essa diferença entre as velocidades for uma **fração** do **comprimento de onda**, as ondas se reforçam e produzem o **máximo** de **iluminação**.

As cores complementares que aparecem nos cristais, quando há o seu **escurecimento**, são denominadas de **cores de interferência**, que podem ser de **primeira, segunda, terceira** (ou outras ordens). As cores de interferência dependem da **orientação óptica** do cristal, da espessura e da birrefringência.



(CEBRASPE/PF - 2013) Com relação à mineralogia, julgue os itens a seguir.



Por meio da birrefringência, ou dupla refração, que consiste na diferença entre os índices de refração de dois raios de luz, perpendiculares entre si, que se decompõem quando a luz atravessa um cristal, é possível identificar minerais diferentes.

Comentários:

A birrefringência é a diferença entre o índice de refração do raio ordinário (que se propaga no plano basal) e o extraordinário (que vibra no plano perpendicular ao ordinário), que possuem velocidades diferentes. Como cada mineral possui um índice de refração específico, essa técnica pode ser utilizada para a identificação dos minerais. Assertiva **correta**.

4.1 – Técnicas que utilizam raios X

AS técnicas de investigação de minerais, que utilizam raio X são as técnicas de **difração de raios X** e a análise por **fluorescência de raios X** (frx).

4.1.2 – Técnicas de difração de raios X

As técnicas de **difração de raios X** são empregadas para a análise de **estruturas cristalinas**, são de **rápido** e **baixo custo**, sendo importante no estudo de minerais que estão numa **granulometria muito fina** para serem avaliados por microscopia óptica, como os membros dos **argilominerais** e das **zeolitas**.

Os Raios X são um tipo de **onda eletromagnética**, as quais são caracterizadas por: propagação ao longo de linhas retas e a uma velocidade de 300.000 km/s no vácuo, **reflexão** e **refração** de acordo com a Lei de Snell, difração em arestas e em fendas e retículos e relação entre energia (E) e comprimento de onda (λ) dada por:

$$E = hv = \frac{hc}{\lambda}$$

sendo v a frequência, c a velocidade de propagação e h a constante de Planck. De acordo com a expressão, quanto menor o comprimento de onda, maior a energia. Os raios X ocupam uma porção no espectro com comprimentos de onda variando entre 100 Å e 0,02 Å, sendo os utilizados na investigação de cristais, com comprimento de onda da ordem de 1 Å (1nm = 10 Å = 10⁻⁹ metros).

A interação entre o feixe de raios X e a estrutura cristalina produz efeitos de difração de raios X, o qual consiste no efeito de **espalhamento**, quando o elétron é atingido por um feixe de raio X, fazendo com que esses **elétrons vibrem** com a mesma frequência da radiação X incidente, funcionando como **fontes** para novas frentes de onda. A medição da **distribuição geométrica dos feixes** de raios X difratados em monocristais fornece informações sobre a **geometria** da **cela unitária** daquele cristal, incluindo os comprimentos das arestas das celas unitárias e os ângulos entre elas.

As **intensidades** dos feixes difratados permitem a obtenção de informações sobre o **grupo espacial** e a **estrutura cristalina** do cristal. Esses feixes difratados são identificados pelos **índices de Miller**, associados com os planos de retículo com os mesmos índices.

No método de difração de raios X no pó, a amostra é **moída** até um pó fino, o que torna as estruturas cristalinas com orientações completamente aleatórias. Durante a operação, o feixe difratado entra no detector de raios X, gerando um **pulso**, que é amplificado e resulta em uma resposta eletrônica numa



escala vertical, que representa a altura do pico, as quais são diretamente proporcionais às intensidades dos efeitos da difração.

O **difratômetro de raios X** registra a informação sobre as **reflexões** como **contagens eletrônicas**, que são armazenados **graficamente**. O **difratograma** (Figura 8) é o gráfico que relaciona a **intensidade** dos efeitos da difração com o **dobro do ângulo (θ)** com o qual ocorre a reflexão (espaçamento interplano).

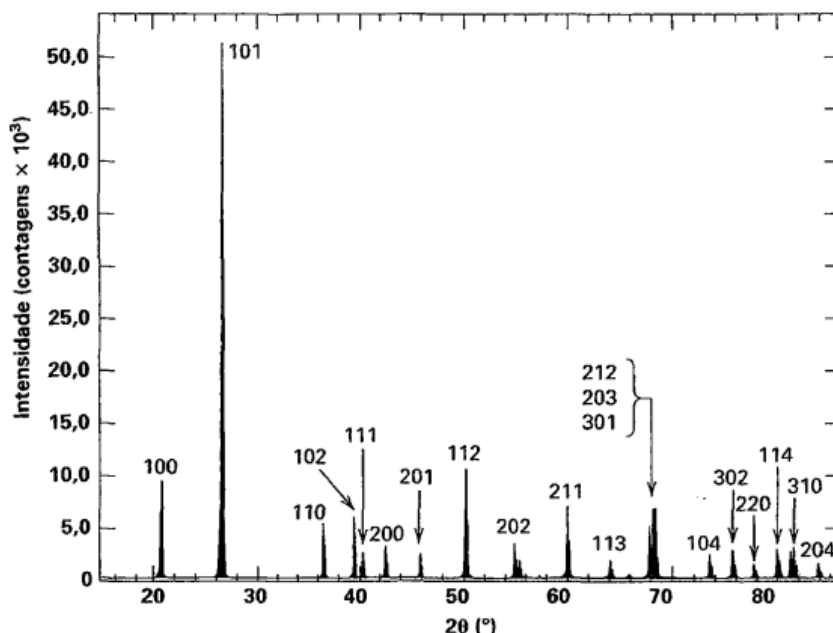


Figura 8 - Exemplo de Difratograma. Fonte: KLEIN & DUTROW. 2012⁷

A **identificação** mineral é feita por meio de uma técnica de **procura** com o computador, em que o **padrão** de difração obtido para uma amostra desconhecida é **comparado** com **registros** armazenados no Arquivo de Difração de Pó, publicado pelo Centro Internacional de Dados para Difração. Os padrões de difração de raios X em pó incluem os **espaçamentos interplanos** (d), **intensidades relativas** (I) e **índices de Miller**. Na tabela, também são incluídas informações adicionais como fórmula química, nome do mineral sistema cristalino, dados físicos e parâmetros experimentais de referências.

Caso haja **variações** na **composição** química de uma substância, com **substituição** de **íons**, as **posições** das linhas no difratograma se **deslocam**. Essas trocas também podem ser **detectadas**, por meio de **comparações** com outros padrões. Proporções relativas de dois ou mais minerais conhecidos também podem ser determinadas pela comparação das intensidades de picos em padrões difratométricos de amostras de controle com composição conhecida. Essa técnica é importante para identificação de **materiais finamente granulados**, como os **argilominerais**.

4.1.3 – Análise por fluorescência de raios X

A análise por **fluorescência de raios X** (frx), também denominada de espectrografia por emissão de raios X é utilizada no estudo da química das substâncias **inorgânicas**, para a qualificação da **composição química**

⁷ KLEIN C. DUTROW B. Manual de Ciência dos Minerais, 23ª Edição, Bookman, 2012



das rochas. Para a utilização da técnica, a amostra é **pulverizada** até um pó fino, o qual é prensado numa pastilha circular ou disco, com o auxílio de um ligante e **irradiado** com **raios X** policromáticos. A absorção desses raios X é expressa de acordo com a **Lei de Beer**, dada por:

$$\log \frac{I_0}{I} = K_d \Delta d$$

sendo I_0 a intensidade dos raios X incidentes, I a intensidade do feixe de raios X que não foi absorvido na amostra, K_d uma constante de proporcionalidade e Δd a espessura da amostra.

Devido a **absorção de raios X** pela amostra, há a **geração** de um **espectro de emissão de raios X** (raios X **secundários**), que depende dos elementos presentes na amostra. Isso ocorre como resultado da **movimentação de elétrons** de uma camada para outra, devido a absorção de energia dos raios X incidente. O fenômeno de **emissão** dos raios X secundários é denominado de **fluorescência de raios X**.

As **linhas espectrais** possuem **comprimentos de ondas** que são específicos de cada **elemento**, sendo os espectros **contínuos** e de **baixa intensidade**. O espectro de raios X gerado contém **linhas espectrais**, que são **identificadas** pelos **comprimentos de onda** (em mm ou Å), os quais são relacionados a **elementos químicos** específicos, responsáveis pela sua produção.

Ao serem incididos no cristal, os raios X incidentes, sofrerão **difração**, que é definida pela equação de Bragg, dada por:

$$n\lambda = 2d \sin \theta$$

sendo n a ordem da difração (de 1 a 2 ou 3), λ o comprimento de onda de uma linha espectral, d a distância entre um conjunto específico de planos atômicos no cristal analisador e θ o ângulo sobre o qual o raio X é refletido pelo cristal.

Um dispositivo eletrônico faz o **registro da intensidade** da posição de cada **linha** espectral difratada pelo cristal por meio de um **gráfico**. As linhas espectrais são identificadas e atribuídas aos **elementos** responsáveis por sua emissão, permitindo uma análise **qualitativa** da **fluorescência de raios X** (Figura 9). A comparação das intensidades dos raios X (intensidade de pico e de fundo) obtidos com a dos **mineralógicos** possibilita uma análise **quantitativa** dos materiais. A análise quantitativa permite a determinação dos elementos maiores além dos elementos traço.

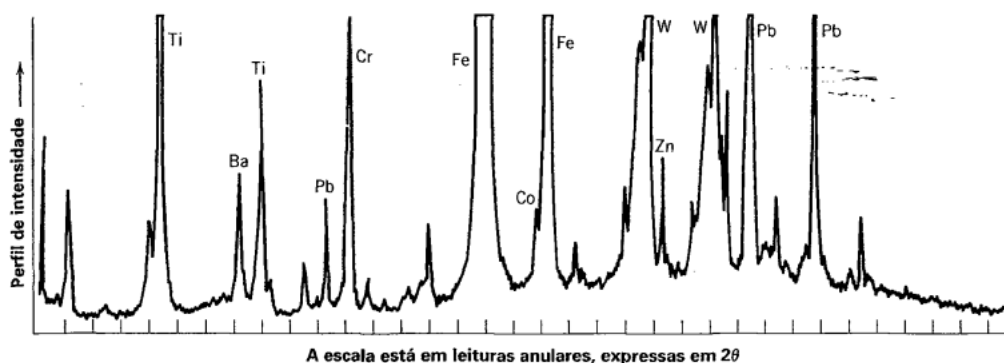


Figura 9 - Gráfico de espectro de fluorescência de raios X. Fonte: KLEIN & DUTROW. 2012⁸

4.1 – Técnicas de feixe de elétrons

As técnicas de feixe de elétrons são a microscopia eletrônica de varredura (MEV), a microscopia eletrônica de transmissão (MET) e a microscopia eletrônica (ME), detalhadas a seguir.

4.1.3 – Microscópio eletrônico de varredura (MEV)

As análises mineralógicas com o **microscópio eletrônico de varredura** (MEV) são utilizadas para obtenção de informações sobre as **feições morfológicas superficiais** de materiais na escala **micrométrica**. Essas análises são realizadas fazendo-se uma varredura da área da amostra, por meio de um **fino feixe de elétrons** de alta intensidade localizado numa coluna eletrônica do microscópio.

A varredura da amostra por meio de feixes de elétrons provoca vários tipos de sinais de radiação, incluindo **elétrons secundários**, elétrons **retro-espalhados**, raios X, **catodoluminescência** e elétrons absorvidos pelo material, sendo esses sinais, registrados por **detectores**. A intensidade desses sinais está relacionada com o **número atômico médio** do espécime, sua **orientação cristalográfica** e sua **topografia superficial**.

As imagens obtidas no MEV são de **alta definição**. Com o emprego dessa técnica, torna-se possível caracterizar **zoneamento químico** ou **frentes de reação** do cristal. Além disso, é possível obter informações químicas **qualitativas**, o que permite **identificar** os **minerais**. Quando comparado com a microscopia eletrônica de transmissão, o MEV permite a análise de **maiores áreas** da amostra. A Figura 10 e a Figura 11 mostram, respectivamente, um Microscópio Eletrônico de Varredura e alguns exemplos de imagens obtidas por meio do aparelho.



Figura 10 - Ilustração de um Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV). Fonte: Pontaporainforma.com.br⁹

⁸ KLEIN C. DUTROW B. Manual de Ciência dos Minerais, 23ª Edição, Bookman, 2012

⁹ pontaporainforma.com.br



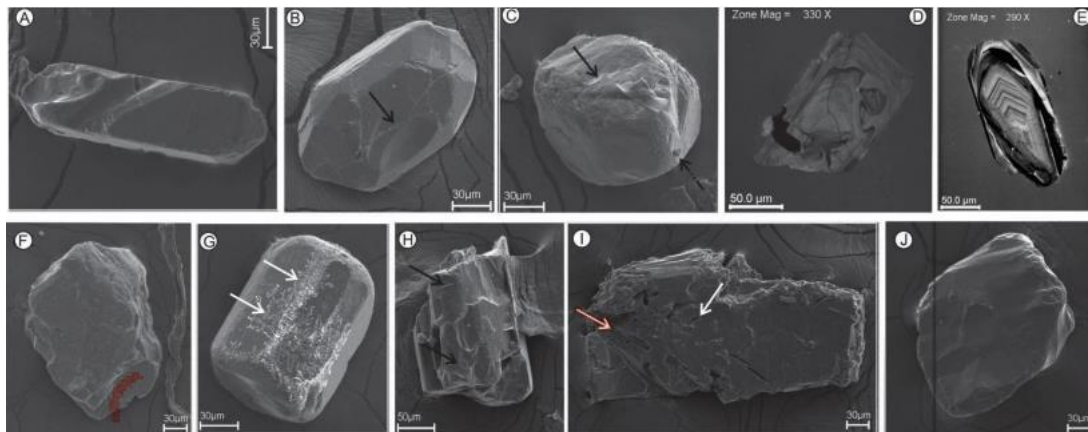


Figura 11 - Imagens obtidas por meio de Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV). A-C) Imagens de elétrons secundários de zircão; D-E) imagens de catodoluminescência de zircão metamórficos e com zoneamento concêntrico; F) imagem de turmalina com marcas de impacto – linhas vermelhas; G) Grãos de turmalina com dissolução química (setas); H) Estauroлита com marcas de percussão (seta); I) Cianita com forma tabular e corrosão química (setas); J) Grão de rutilo com marca de transporte. Fonte: Ribeiro *et. al.*¹⁰

4.1.3 – Microscópio eletrônico de transmissão (MET)

A análise mineralógica por meio do **Microscópio Eletrônico de Transmissão (MET)** utiliza feixe de **elétrons**, que são dirigidos contra uma fina estampa do material investigado, no qual o feixe de elétron é transmitido através do material e permite a exibição de **imagens de padrões de elétrons** e microscopia eletrônica de transmissão de **alta resolução**.

A técnica de MET permite uma avaliação **textural, cristalográfica e química** de **áreas muito pequenas** (nanômetro quadrado), incluindo **intercrescimentos** de padrões de **exsolução** em minerais, de empilhamento de politipos e defeitos estruturais. Por meio dessa técnica, é possível identificar feições estruturais com escalas de dimensões de **100 a 10.000 Å**, o que não pode ser avaliado por técnicas de difração de raios X (análises do átomo na escala de 1 a 100 Å). A Figura 12 apresenta a ilustração de um Microscópio Eletrônico de Transmissão (MET).

¹⁰ Ribeiro A. C. S., Mendes A., Dantas A. B., Santos L. O. Heavy Minerals Distribution of Green Lake, Alter do Chão Village, Pará State, Congresso Internacional de Hidrossedimentologia, FOZ do Iguaçu, 2017.





Figura 12 - Ilustração de um Microscópio Eletrônico de Transmissão (MET). Fonte: directindustry.com ¹¹

4.1.3 – Análise por microsonda eletrônica (ME)

As análises mineralógicas por meio da **Microsonda Eletrônica** consistem em uma técnica **microanalítica** que mede, **in situ**, a composição química de cerca de **1-3 μm^3 de volume** do mineral. Esse método fornece dados **mais precisos** que os obtidos por **dispersão de energia** (MEV). Esse método utiliza **elétrons finamente focado** como uma **fonte de energia**. Esses elétrons atingem a amostra em **alta velocidade** e penetram até **alta profundidade**. Com a incidência dos elétrons, provoca **deslocamento** dos **elétrons** dos materiais, que **liberam energia** pela emissão de raios X, cujo comprimento de onda representa cada elemento.

Nesse tipo de equipamento, o feixe de elétrons é dirigido de forma **estacionária** no **grão mineral** específico. A análise com ME fornecem dados **qualitativos** e **quantitativos**. Enquanto a análise **qualitativa** é feita de forma **rápida**, a análise **quantitativa** envolve processos mais complexos. Com a aplicação da Microsonda Eletrônica, é possível detectar **zoneamento** e **heterogeneidades químicas**, a partir dos quais, torna-se possível definir parâmetros de **pressão** e **temperatura** do momento da formação do mineral. A Figura 13 ilustra um tipo de Microsonda Eletrônica.

¹¹ directindustry.com



Figura 13 - Ilustração de uma Microsonda Eletrônica. Fonte: isto-orleans.fr ¹²

¹² isto-orleans.fr

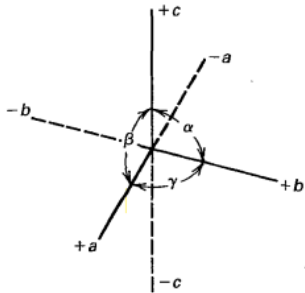
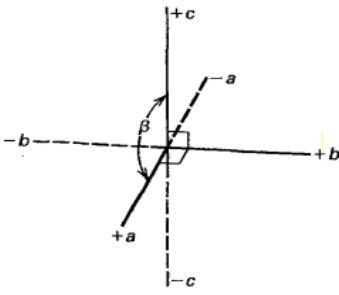
5 – Cristalografia

A cristalografia consiste no estudo da forma externa e do arranjo atômico interno dos sólidos cristalinos e os princípios que governam seu crescimento, sua forma externa e sua estrutura interna. A forma externa de um mineral é a expressão de uma extensa ordem interna tridimensional, a qual consiste em íons ou grupos de átomos, que se repetem em intervalos regulares por todo o mineral. Esses arranjos geométricos são responsáveis por formar uma simetria interna inerente e resultam na sua expressão externa.

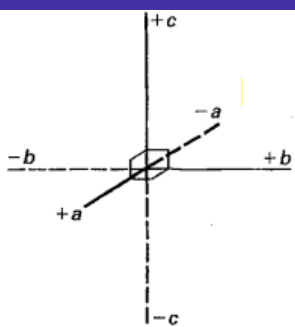
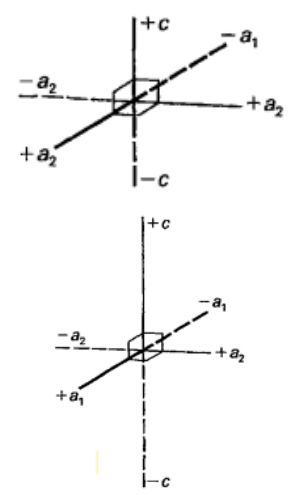
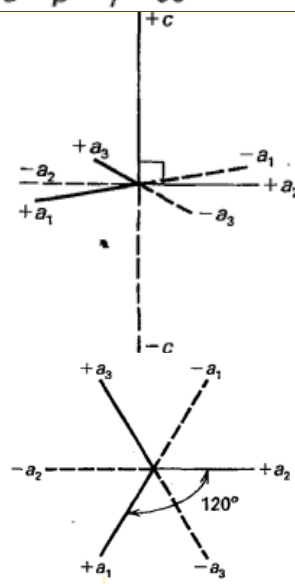
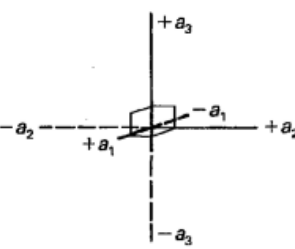
A simetria nesses arranjos geométricos se refere à repetição de objetos por meio de rotação, reflexão, inversão e translação. A simetria externa de um mineral consiste na infinita repetição dos seus blocos constitutivos regulares. Os cristais são formados pela repetição regular em três dimensões de uma cela unitária, a qual é a menor parte de uma estrutura, que pode ser repetido infinitamente para gerar a estrutura inteira.

5.1 – Sistema cristalino

Existem 32 classes de cristais, as quais, devido às características de simetria comuns, é possível serem agrupadas em seis sistemas cristalinos. Esses sistemas cristalinos são definidos por um conjunto de eixos cristalográficos (três eixos de referência, a, b e c ou quatro eixos a_1 , a_2 , a_3 e c no sistema hexagonal.), em que cada eixo possui um comprimento diferente. Os sistemas cristalinos são o triclínico, o monoclínico, o ortorrômbico, o tetragonal, o hexagonal (hexagonal e romboédrica) e o isométrico, cujas características são apresentadas no quadro a seguir.

Sistema cristalino	Eixos cristalográfico	Descrição	Simetria característica	Minerais
TRICLÍNICO	 <p>$a \neq b \neq c$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$</p>	Três eixos de comprimentos distintos ($a \neq b \neq c$), se interceptando em ângulos diferentes ($\alpha \neq \beta \neq \gamma$).	Somente simetria unitária (inversão ou identidade)	
MONOCLÍNICO	 <p>$a \neq b \neq c$ $\beta > 90^\circ; \alpha = \gamma = 90^\circ$</p>	Três eixos de comprimentos distintos ($a \neq b \neq c$). Dois eixos inclinados entre si em ângulo oblíquo e o terceiro perpendicular ao plano que contém os outros dois ($\beta \neq 90^\circ, \alpha = \gamma = 90^\circ$).	1 eixo binário de rotação e/ou plano especular	



Sistema cristalino	Eixos cristalográfico	Descrição	Simetria característica	Minerais
ORTORRÔMBICO		Três eixos mutuamente perpendiculares ($\beta = \alpha = \gamma = 90^\circ$) e todos com comprimentos distintos ($a \neq b \neq c$).	3 direções mutuamente perpendiculares em torno da qual há uma simetria binária (2 ou m)	
TETRAGONAL	 $a = b \neq c; \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Três eixos mutuamente perpendiculares ($\beta = \alpha = \gamma = 90^\circ$). Os dois eixos horizontais possuem o mesmo comprimento, que é diferente do comprimento do eixo vertical ($a_1 = a_2 \neq c$)	1 eixo quaternário	
HEXAGONAL		Composto por quatro eixos cristalográficos: três eixos horizontais iguais e fazem um ângulo de 120° entre si. O eixo vertical tem comprimento diferente dos demais eixos ($a_1 = a_2 = a_3 \neq c$) e é perpendicular ao plano dos outros três eixos ($\beta = 90^\circ$).	1 eixo senário 1 eixo ternário	
ISOMÉTRICO		Três eixos mutuamente perpendiculares ($\beta = \alpha = \gamma = 90^\circ$) e com o mesmo comprimento ($a_1 = a_2 = a_3$).	4 eixos ternários, cada um inclinado a $54^\circ 44'$ em relação aos eixos cristalográficos	

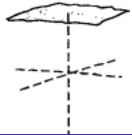
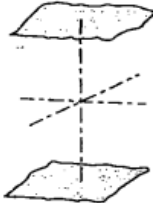
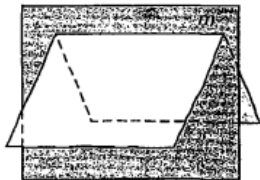
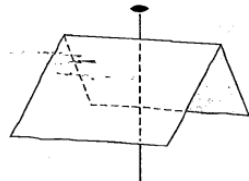


Sistema cristalino	Eixos cristalográfico	Descrição	Simetria característica	Minerais
A, b, c descrevem os eixos cristalográficos, sendo usadas letras diferentes para indicar que o comprimento do eixo é diferente.				

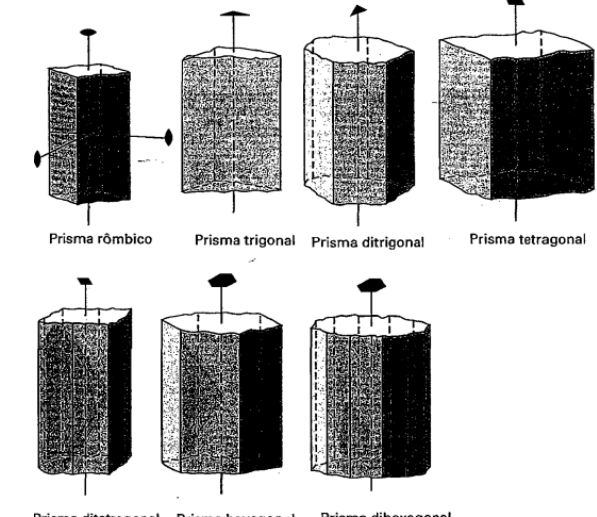
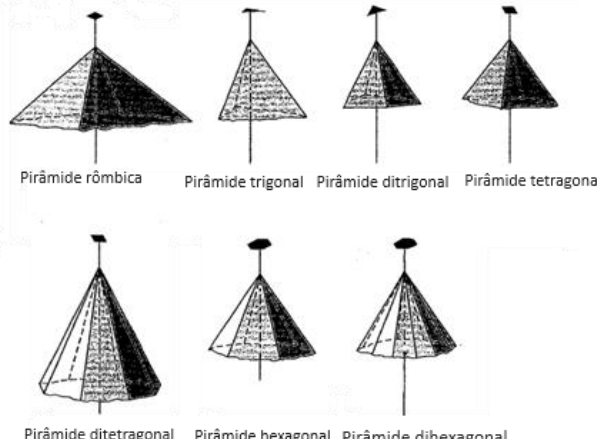
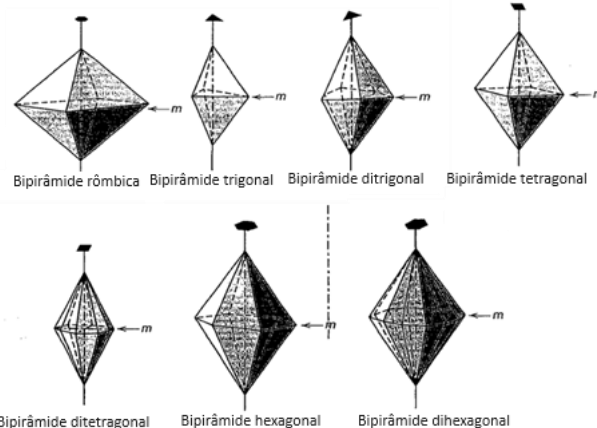
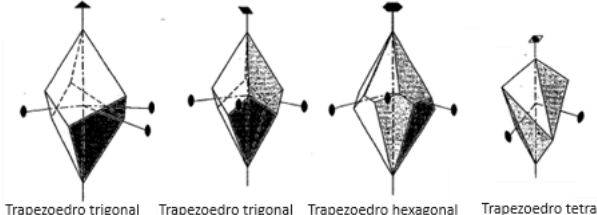
Uma das formas de expressar as interseções das faces cristalinas como os eixos dos cristais é por meio dos índices de Miller. Esses índices consistem em uma série de números inteiros que foram derivados das interseções por meio de inversão e que representam os eixos a, b e c. Os índices de Miller são colocados entre parênteses, para que sejam distinguidos das demais simbologias utilizadas para designar formas cristalinas, zonas e direções axiais, e as vírgulas apenas são usadas quando números de dois dígitos aparecem. Quando não são conhecidas as interseções exatas, utiliza-se um símbolo geral (hkl), indicando que a face corta todos os eixos cristalográficos. Quando a face é paralela a um dos eixos é utilizado o algarismo 0.

5.1 – Forma dos cristais

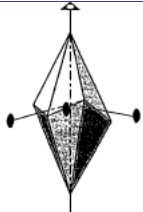

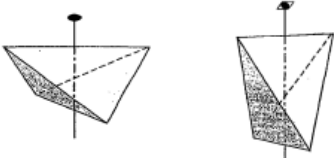
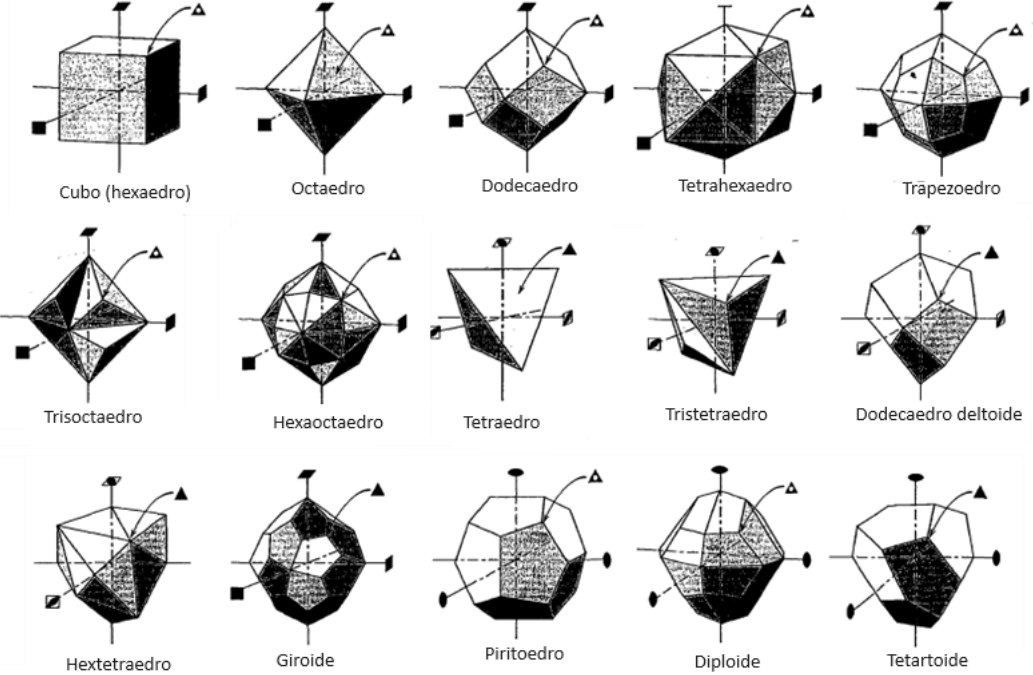
Em cristalografia, o termo hábito se refere à forma externa do cristal. Por outro lado, o termo forma se refere a um grupo de faces cristalinas, todas com a mesma relação aos elementos de simetria. Nas representações gráficas dos cristais, cada forma pertencente à mesma forma é nomeada com a mesma letra. Em cada classe de cristais, há uma forma geral e formas especiais. A forma geral é aquela cujas faces interceptam todos os eixos cristalográficos em diferentes comprimentos, sendo as demais, denominadas de formas especiais. São reconhecidos 48 tipos de formas cristalinas, com base nas relações angulares das faces cristalinas, as quais são divididas em formas não isométricas e formas isométricas. Essas formas são apresentadas no quadro abaixo.

Tipo de forma	Forma	Descrição	Ilustração
FORMAS NÃO	PÉDIO	Composta de uma única face	
	PINACOIDE	Forma aberta composta de duas faces paralelas	
	DOMO	duas faces simétricas não paralelas em relação a um plano especular	
	ESFENOIDE	Duas faces simétricas não paralelas em relação a um eixo de rotação binário	



<p>ISOMÉTRICAS</p>	<p>PRISMA (RÔMBICO, TRIGONAL, DITRIGONAL, TETRAGONAL, DITETRAGONAL, HEXAGONAL, DIHEXAGONAL)</p>	<p>Forma aberta composta de 3, 4, 6, 8 ou 12 faces, todas paralelas ao mesmo eixo. O eixo é um dos planos cristalográficos (com exceção para alguns prismas do sistema monoclinico)</p>	 <p>Prisma rômico Prisma trigonal Prisma ditrigonal Prisma tetragonal Prisma ditetragonal Prisma hexagonal Prisma dihexagonal</p>
	<p>PIRÂMIDE (RÔMBICO, TRIGONAL, DITRIGONAL, TETRAGONAL, DITETRAGONAL, HEXAGONAL, DIHEXAGONAL)</p>	<p>Forma aberta composta de 3,4, 6, 8 ou 12 formas que se encontram em um ponto.</p>	 <p>Pirâmide rômica Pirâmide trigonal Pirâmide ditrigonal Pirâmide tetragonal Pirâmide ditetragonal Pirâmide hexagonal Pirâmide dihexagonal</p>
	<p>BIPIRÂMIDE (RÔMBICO, TRIGONAL, DITRIGONAL, TETRAGONAL, DITETRAGONAL, HEXAGONAL, DIHEXAGONAL)</p>	<p>Forma fechada tendo 6, 8, 12,16 ou' 24 faces. É a junção de duas pirâmides por reflexão de uma delas na outra, por meio de um plano especular horizontal.</p>	 <p>Bipirâmide rômica Bipirâmide trigonal Bipirâmide ditrigonal Bipirâmide tetragonal Bipirâmide ditetragonal Bipirâmide hexagonal Bipirâmide dihexagonal</p>
	<p>TRAPEZOÉDRO (TRIGONAL, HEXAGONAL, TETRAGONAL)</p>	<p>Forma fechada que tem 6, 8 ou 12 faces total.</p>	 <p>Trapezoedro trigonal Trapezoedro hexagonal Trapezoedro tetragonal</p>



	<p>ESCALENOEDRO HEXAGONAL</p>	<p>Forma fechada com 8 ou 12 faces agrupadas em pares simétricos.</p>	 <p>Escalenoedro hexagonal</p>
	<p>ROMBOEDRO</p>	<p>Forma fechada composta de seis faces, das quais três, situadas em cima, alternam-se com três faces na parte de baixo, com os dois conjuntos de faces deslocadas de 60° entre si.</p>	 <p>Romboedro</p>
	<p>DISFENOIDE (RÔMBICO, TETRAGONAL)</p>	<p>Forma fechada, em que duas faces superiores se alternam com duas faces inferiores, deslocadas entre si segundo um ângulo de 90°.</p>	 <p>Disfenoide rômboico Disfenoide tetragonal</p>
<p>FORMAS ISOMÉTRICAS (FORMAS ESPECIALIZADAS)</p>	 <p>Cubo (hexaedro) Octaedro Dodecaedro Tetrahexaedro Trapezoedro</p> <p>Trisoctaedro Hexaoctaedro Tetraedro Tristetraedro Dodecaedro deltoide</p> <p>Hextetraedro Giroide Piritoadro Diploide Tetartoide</p>		





(FCC/Prefeitura de São Paulo - 2008) Isométrico, hexagonal e trigonal são exemplos de

- (A) propriedades elétricas e magnéticas de cristais.
- (B) sistema cristalográfico, forma da base de cristais e simetria de um cristal, respectivamente.
- (C) classes de geminação de cristais.
- (D) características exclusivas de minerais de minério.
- (E) sistemas cristalográficos.

Comentários:

Isométrico, hexagonal e trigonal são exemplos de sistemas cristalográficos. Alternativa correta **letra E**.



6 – Gemologia

6.1 – Definição de gemas

A **gemologia** consiste na ciência que estuda os **materiais gemológicos**, incluindo a **origem**, os **processos de identificação** e os diversos **aproveitamentos** dos materiais gemológicos. Um material gemológico é definido como mineral que pode ser **lapidado** e que apresenta um conjunto de características importantes, tais como **beleza, preciosidade, durabilidade, raridade** entre outras. Os materiais gemológicos podem ser classificados quando à origem em: **naturais, inorgânicos** ou **orgânicos**. Os materiais gemológicos **naturais** são aqueles formados pela **natureza**, sem interferência do homem, os de origem **inorgânica** são os **minerais** e as **rochas** e os **orgânicos** são os de origem **animal** ou **vegetal**.

O termo **gema** se refere a toda substância **natural** ou **sintética, lapidada, rara** e que pode ser usada para **adorno pessoal**. As gemas podem ser classificadas em **artificiais, sintéticas, compostas, revestidas, imitações, reconstituídas** e **simulantes**.

Gemas artificiais	criadas e fabricadas pelo ser humano, sem nenhum correspondente na natureza.
Gemas sintéticas	fabricadas pelo ser humano, independentemente do método utilizado. As propriedades físicas químicas e estrutura cristalina correspondem essencialmente às das gemas naturais.
Gemas compostas	são compostas por duas ou mais partes unidas por cimentação, ou qualquer outro método artificial.
Gemas revestidas	aquelas que apresentam em sua superfície uma fina camada depositada, independentemente da cor ou composição.
Gemas reconstituídas	produzidas pelo ser humano, por meio da fusão parcial ou aglomeração de fragmentos de gemas.
Gemas simulantes	gemas naturais, artificiais ou sintéticas, que possuem uma aparência que simulam gemas naturais de maior valor ou mais conhecidas.
Imitações	são aquelas criadas pelo ser humano e que imitam as gemas naturais ou sintéticas, sem possuir, no entanto, suas propriedades físicas, químicas ou sua estrutura cristalina.
cultivados	produtos gemológicos produzidos pela natureza, com intervenção parcial do ser humano.



6.2 – Nomenclatura de gemas

As definições e **nomenclatura** das gemas devem seguir as **regras nacionais**, definidas pela ABNT e **internacionais**, definidas pela ISO e CIBJO. Essas regras visam evitar que o público seja confundido quanto à verdadeira natureza do material.

Regras para a nomenclatura das gemas

- Deve-se evitar abreviação;
- Deve-se identificar o material utilizado, a natureza, quantidade e massa das gemas e metal precioso;
- Deve-se evitar o uso de nomes de minerais ou gemas como descritivos de atributos ou combinar nomes de gemas que não tem nada em comum uma com a outra;
- O termo brilhante, sem qualquer descrição adicional do material apenas deve ser aplicado para diamantes redondos, em lapidação brilhante, demais minerais devem indicar a expressão "lapidação" antes de brilhante;
- Gemas modificadas ou tratadas por processos químico ou físico-químico devem ser classificadas como tratadas;
- Gemas radioativas não devem ser comercializadas ou usadas;
- É aceito tratamento das gemas para transformação da cor da gema, por meio de tratamento térmico com ou sem efeito de ácidos e soluções tingidoras;
- Deve-se evitar o uso de nome fantasia;
- Deve-se evitar o termo semipreciosa, substituindo-o por preciosa;
- Quando obtida por cristalização, deve ser expresso o termo sintético, artificial ou cultivada junto ao nome do material, podendo ser acrescentado o nome ou marca do fabricante;
- Termos como nobre, oriental, autêntico, fino, real, superior, puro ou semelhantes devem ser abolidos.
- Gemas compostas (duplas ou triplas) devem ser nomeadas indicando os componentes a partir da cama superior até a inferior;
- Devem evitar termos como reprodução, réplica, alta classe, científica, ou termos similares.
- Não devem ser usadas marcas registradas ou nomes fantasias que possuem similaridade de grafia ou pronúncia com o nome das gemas;
- No estado bruto, a massa das gemas é indicada em grama, depois de lapidadas é indicada em quilates (1 ct = 0,200g). A massa do diamante é sempre expressa em quilates (bruto ou lapidado).

6.2 – Tratamentos de gemas

O **tratamento** das gemas consiste no processo por meio do qual se **altera** a sua **aparência** e/ou a sua **durabilidade**. Para o tratamento das gemas são utilizados meios **artificiais** que vão além da **lapidação** e do **polimento**, podendo ser realizado antes ou depois da lapidação. Com o tratamento das gemas, há uma mudança na sua **aparência**, melhorando ou modificando a sua **cor** e/ou **pureza**.

Os **tratamentos** podem ser com base apenas em informação **genérica** (preenchimento com óleos e ceras, enceramento, aquecimento e clareamento), ou aqueles que necessitam de informação **específica** (irradiação, difusão, tingimento, preenchimento com vidro, plástico e resina, impregnação, revestimento,



alta pressão e alta temperatura (HPHT) e perfuração a laser. Cada um desses tipos de tratamentos é definido a seguir.

AQUECIMENTO

- Tratamento por processo térmico, com a finalidade de alterar a cor e/ou pureza.

CLAREAMENTO

- Remoção ou desbotamento da cor, por meio de luz ou outros agentes físicos e/ou químicos.

DIFUSÃO

- Tratamento termoquímico, que consiste na aplicação de alta temperatura e produtos químicos para introduzir, artificialmente, elementos causadores de cor ou de fenômenos ópticos na gema.

ENCERAMENTO

- Aplicação de cera incolor e/ou produtos semelhantes (óleo, plásticos, substância orgânico ou polímero) na superfície da gema para dar maior durabilidade e melhorar a aparência.

IMPREGNAÇÃO

- Preenchimento parcial ou total de poros

IRRADIAÇÃO ARTIFICIAL

- Exposição de gemas a qualquer forma de radiação controlada completa ou parcialmente pelo homem.

PREENCHIMENTO

- Inserção de substâncias incolores, como vidro, plástico, resina, óleos, ceras ou similares, dentro de fissuras, fraturas ou cavidades que atingem a superfície.

REVESTIMENTO

- Recobrimento a superfície da gema, parcial ou totalmente, com uma fina camada de substância, para proteção, coloração ou decoração.

TINGIMENTO

- Melhorar ou acrescentar cor a uma gema pela aplicação de tintura, corante ou pigmento..

ALTA PRESSÃO E ALTA TEMPERATURA

- aquecimento em altas temperaturas sob altas pressões, usado para remover, diminuir ou alterar a cor dos diamantes.

PERFURAÇÃO A LASER

- usado exclusivamente em diamantes; uso de um feixe estreito e focado de raio laser, que abre um canal, partindo da superfície para alcançar inclusões escuras por onde é introduzido um produto químico para dissolver ou alterar a aparência da inclusão.

A ICA (do inglês *International Colored Gemstone Association*) determina que que nos documentos de vendas e certificados de gema seja inserida a descrição completa ou as letras de codificação, de acordo com o quadro N.E.T. (**N** - Não Tratada, **E** - Realçada ou *Enhanced*, **T** - Tratada), que indica a descrição do tratamento que as gemas foram submetidas para realçar a transparência, cor e/ou retirada e preenchimento de inclusões.



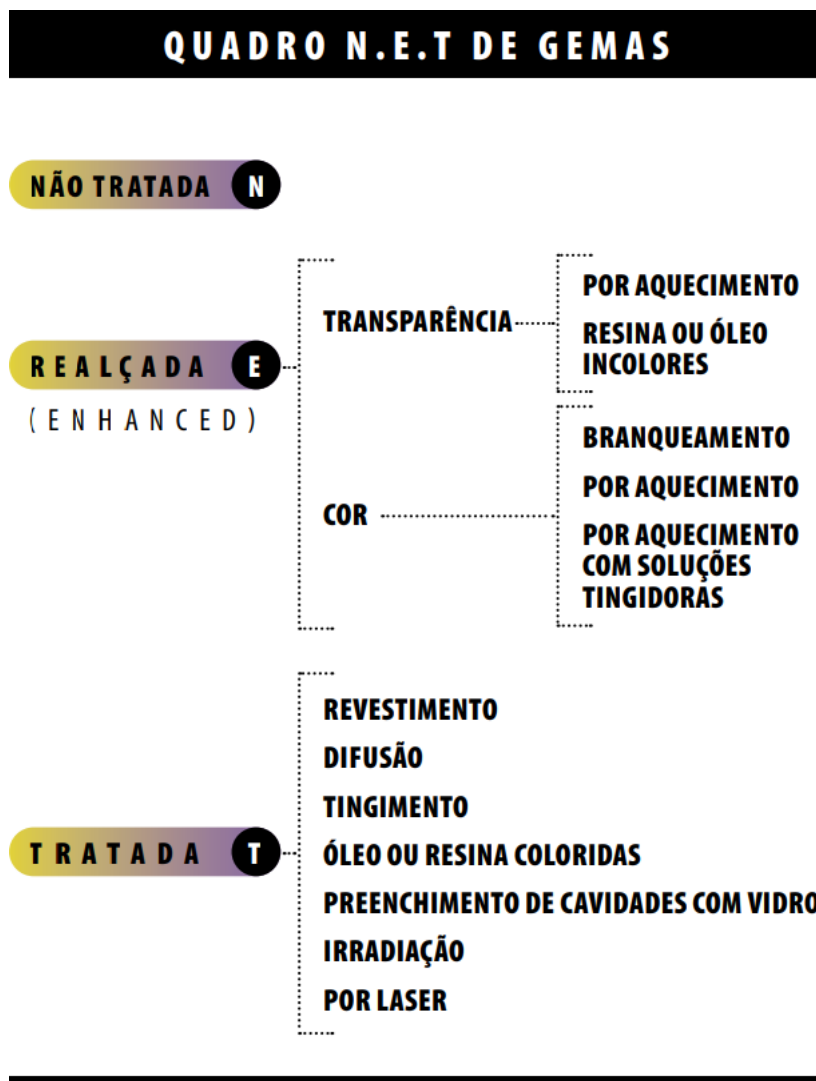


Figura 14 - Quadro N.E.T de Gemas. Fonte: IBGM¹³

6.3 – Instrumentos de análise das gemas

Os **instrumentos** utilizados para a identificação das gemas se baseiam nas **propriedades físicas** das gemas lapidadas, as quais são as mesmas dos minerais que as originaram. Essas propriedades incluem a **densidade relativa**, o índice de **refração**, **clivagem**, **fratura**, **dureza** e **fluorescência**.

A **clivagem** e a **fratura** são úteis para a **identificação** de várias espécies minerais, no entanto, possuem **menor importância** na identificação de **gemas** lapidadas, pois essas características tendem a **desaparecerem** em uma pedra bem lapidada e polida. Ainda assim, esses planos de clivagem podem ser identificados, mesmo com dificuldades, com o auxílio de **lupa** de mão ou com microscópio,

A **dureza** é uma propriedade que, para a análise, requer que o mineral seja **riscado**. Por isso, esse teste é realizado em uma gema lapidada apenas depois que outros testes de identificação falharem. A

¹³ Manual Técnico de Gemas/IBGM, DNPM. – 3. Ed. Rev. E atual./Consultoria, supervisão e revisão técnica desta edição, Jane Leão N. da Gama. -- Brasília, 2005. 156 p. : il.; 29 cm.



identificação da **dureza** da gema é realizada por meio do emprego do **lápiz de dureza**, constituído de tubos de metal, no qual se encontra um mineral de dureza conhecida (que variam de 6 a 10).

A **densidade relativa** é uma propriedade associada ao **índice de refração** do mineral, de forma que essas duas propriedades são, geralmente, suficientes para **identificar** uma gema. Para determinar a densidade relativa das gemas podem ser utilizados a **balança hidrostática** e a imersão em **líquidos densos**. Na imersão em líquidos densos, a densidade da gema é estimada considerando se a gema afunda, ou não, em líquidos de diferentes densidades.

A **fluorescência** consiste na **emissão de luz**, por parte do mineral, quando irradiados com luz ultravioleta. Para o diagnóstico da gema por meio dessa propriedade, a **cor** emitida deve ser **constante**. Alguns minerais não são fluorescentes e outros podem ou não emitir luz fluorescente, de forma que, na maioria dos casos, essa propriedade não pode ser utilizada como um teste definitivo para identificar gemas.

O estudo dos **minerais gemológicos** (pedra bruta) segue os mesmos procedimentos empregados para a **identificação** dos **minerais**. No entanto, para as **gemas** (pedras lapidadas), os estudos devem se **restringir** àqueles **não destrutivos**. Por isso, a identificação das gemas requer o emprego de técnicas e instrumentos especiais.

A identificação das gemas é realizada por meio de ensaios realizados em laboratórios gemológicos, para obter suas características físicas. As grandezas físicas das gemas encontradas e comumente utilizadas são a **refração dupla** (RD), a **refração simples** (RS), a **refração de agregados** (AGG), a **refração dupla anômala** (RDA), a **ultra violeta onda longa** (UVL) e a **ultra violeta onda curta** (UVC).

A observação da gema a **olho nu**, permite identificar as características **brilho**, **cor** e o **fogo**, devido a dispersão a luz em suas cores espectrais (em uma gema facetada). Além disso, a observação a olho nu possibilita a identificação do **jogo de cores** (opala), **opalescência** (pedra-da-lua), **iridescência** ou **labradorescência** (labradorita), **asterismo** - padrão semelhante a uma estrela (rubi-estrela) e **chatoyance** (olho-de-gato).

A observação por meio da **lupa de mão** permite a observação da gema com um aumento de **10X**, o que permite identificar a **qualidade da lapidação**, sendo que a lapidação de uma imitação, geralmente é de menor qualidade do que a da gema imitada. Além disso, a observação por meio de lupa permite identificar presença de **inclusões**, que podem desmerecer o valor da pedra.

O **microscópio** permite identificar **imperfeições** não observadas por meio da lupa de mão. Em gemologia, é utilizado o microscópio **binocular**, com ampliação variando entre **10X e 60X**. Ao contrário do microscópio de polarização, o microscópio utilizado para a identificação das gemas produz uma **visão estereoscópica**, sem inverter a imagem, e o mineral pode ser observado tanto com **luz transmitida** (observa o interior da pedra) como com **luz refletida** (observa as feições externas). No entanto, o estudo das gemas por meio da luz transmitida é dificultado, devido à reflexão e refração da luz produzida pelas facetas.

Nos microscópios gemológicos, a **observação do interior** da gema é favorecida pela utilização de um **adaptador**, que produz uma iluminação de um **campo escuro**, em que é utilizado um **cone de luz oco**, para a iluminação da gema, em que a luz não incide diretamente na lente objetiva do microscópio. Essa técnica permite a identificação de qualquer **imperfeição** ou **inclusão** presente na gema.



O **Polariscópio** consiste em um equipamento baseado em **propriedades ópticas** do mineral. Assim como o microscópio de polarização, o polariscópio permite identificar se o mineral é **isótropo** ou **anisótropo**. O instrumento consiste em duas placas polarizadoras, uma sobre a outra, com uma fonte de luz posicionada abaixo. O ajuste dos polaroides evita a passagem da **luz** através do polaroide superior, de forma que a **gema transparente isótropa** (isométrica ou não cristalina) ficará **escura** e a **gema anisótropa** ficará **alternadamente escura e iluminada**.



Figura 15 - Polariscópio. Fonte: Gemologiabrasil ¹⁴

O **refratômetro** consiste no instrumento utilizado para determinar os **índices de refração** de um mineral, o que é realizado com base no **ângulo crítico** para a **reflexão total**, permitindo a leitura do índice de refração diretamente em uma **escala**. O instrumento é composto por um vidro de chumbo, de alto índice de refração, localizado no centro. A gema é colocada sobre a superfície plana e polida do refratômetro, junto com um líquido de contato.



Figura 16 - Refratômetro. Fonte: Gemologiabrasil ¹⁵

Para a determinação do **índice de refração**, uma **luz** é emitida e atinge o mineral com **vários ângulos de incidência**, sendo que, quando o raio incidente é superior ao ângulo crítico, eles são refletidos de volta e direcionados para uma escala. A imagem da escala é refletida por um espelho e pode ser observada por meio de uma lente ocular. O índice de refração do mineral é identificado por meio da linha que separa o campo iluminado do campo escuro da escala.

¹⁴ Gemologia – (gemologiabrasil.com.br)

¹⁵ Gemologia – (gemologiabrasil.com.br)



O **índice de refração** do líquido de contato (geralmente, valor igual a 1,81), deve ser **maior** que o da **gema** que está sendo analisada. Por isso, o valor máximo, do índice de refração, possível de ser lido é em torno de 1,80. Além disso, líquidos cujos índices de refração são maiores que 1,78, são corrosivos e podem danificar o vidro do refratômetro. A substituição do vidro de chumbo por **zircônica cúbica** (com índice de refração de 2,16), por exemplo, permite a realização de leituras de gemas com índice de refração de até 2,08.

A **dispersão** da luz consiste na **diferença** entre os valores de **índice de refração** da luz **vermelha** e **violeta** (que se deve à diferença do comprimento de onda das duas luzes), podendo ser usada para a **identificação** das gemas. O valor da dispersão da luz no diamante (0,044) é responsável pelo seu **fogo** (flashes de cores nas pedras lapidadas). Para as leituras mais precisas, é utilizada luz monocromática, como a luz do sódio.

O **Dicroscópio** é um instrumento utilizado para a identificação de gemas e que se baseia no fenômeno de **dicroísmo** (cristais uniaxiais) ou **pleocroísmo** (cristais biaxiais). Esse fenômeno refere-se às **variações de cor** características para mineral **anisotrópico** quando **atravessado** pela **luz**, uma vez que **diferentes comprimentos de onda** são absorvidos em cada direção de propagação. O instrumento consiste em um tubo, no qual é inserido um pedaço alongado de calcita óptica clivada, o que, devido à forte dupla refração da calcita, permite observar duas imagens através do instrumento. Essas duas imagens apresentarão **diferentes cores** quando um mineral **pleocroico** é colocada sob uma fonte de luz branca e observada através do **dicroscópio**.



Figura 17 - Dicroscópio. Fonte: Gemologiabrasil ¹⁶

Filtros de cor consistem em instrumentos utilizados para a identificação de gemas, que possibilitam a **diferenciação** das **cores** do mineral baseados nos **comprimentos de onda** de cada componente da luz. Isso possibilita que duas gemas que, ao olho humano teriam a mesma cor podem **apresentar cores diferentes** ao serem submetidas ao filtro. O filtro mais comum (**Chelsea**, ou filtro de esmeralda) é utilizado principalmente para **distinguir a esmeralda** de outras **gemas verdes** e de suas **imitações**.

O **Espectroscópio** é um instrumento utilizado para **identificação** de gemas, baseada nos **elementos químicos** presentes no mineral, o que resultará em **bandas** ou **linhas de absorção** (pretas), quando a gema é colocada entre a fonte de luz branca e a fenda do espectroscópio. Essas bandas pretas consistem em um espectro de absorção e correspondem à posição em que certos **comprimentos de onda** foram **eliminados**. Isso permite **diferenciar** uma gema **natural** de uma **sintética** ou determinar se a **cor** é **natural** ou se foi induzida **artificialmente**.

¹⁶ Gemologia – (gemologiabrasil.com.br)



Figura 18 - Espectrômetro. Fonte: Gemologiabrasil ¹⁷

A **difração de raios X** é um dos métodos que podem ser utilizados para a identificação de minerais, fornecendo informações **conclusivas**. Essa análise é realizada a partir do **mineral pulverizado**, e, por isso, só é utilizado na identificação de uma gema se todos os **outros** testes **falharem**, uma vez que para a aplicação dessa técnica requer a **destruição** de uma **parte** da **amostra**.

6.2 – Principais gemas

Gema	Descrição Gemas Usuais	Ilustração
Ágata (Quartzo calcedônia)	Silicatos (SiO ₂); hexagonal (trigonal); cor variada, podendo apresentar bandas; brilho gorduroso a vítreo; pode apresentar iridescência; não apresenta clivagem; atacado por ácido fluorídrico.	
Água-marinha (Berilo)	Silicatos (Be ₃ Al ₂ Si ₆ O ₁₈); hexagonal; hábito prismático alongado; de azul esverdeado ao azul-verde; pleocroísmo fraco a moderado; brilho vítreo; acatassolamento; fratura conchoidal; clivagem muito difícil em uma direção; dureza 7,5 - 8; atacada por ácido fluorídrico.	
Ametista (Quartzo)	Silicatos (SiO ₂); hexagonal (trigonal); roxo azulado ao roxo avermelhado; transparente; brilho vítreo; pleocroísmo fraco a moderado; fratura conchoidal de brilho vítreo; não apresenta clivagem, dureza 7, solúvel em ácido fluorídrico e fluoreto de amônio; fracamente solúvel em álcalis.	
Andaluzita	Silicatos (Al ₂ SiO ₅); ortorrômbico; hábito prismático; verde amarronzado ou amarelado ao marrom alaranjado; transparente a opaco; brilho vítreo; pleocroísmo forte; fratura irregular a conchoidal; clivagem distinta em uma direção; dureza 7 - 7,5.	

¹⁷ Gemologia – (gemologiabrasil.com.br)



Gema	Descrição	Ilustração
Apatita	Fosfato ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F},\text{OH},\text{Cl})$); hexagonal; hábito prismático ou tabular; azul, verde, amarela, roxa, incolor, rosa, marrom e violeta; transparente a translúcida; vítreo; acatassolamento; fluorescência; fratura concoidal a irregular; clivagem imperfeita, duas direções basal; dureza 5; atacado por ácido clorídrico e sulfúrico.	
Calcita	Carbonatos (CaCO_3); hexagonal (trigonal); quase todas as cores; transparente a opaco; brilho vítreo a gorduroso; acatassolamento; pleocroísmo inerte a fraco; fluorescência variável; fratura e granulada a irregular a fibrosa; clivagem perfeita em três direções; dureza 3; efervescência em contacto com alguns ácidos.	
Crisoberilo	Óxido (BeAl_2O_4) ortorrômbico; cores variadas amarelo/verde/marrom/azul; de transparente a opaco; brilho vítreo a subadamantino; mudança-de-cor e acatassolamento; fratura concoidal; clivagem indistinta, 3 direções normalmente não é vista; dureza 8,5.	
Diamante	Elementos nativos (C), cúbico, cores variadas amarelo/cinza/marrom/incolor/ azul/verde/laranja/rosa/vermelho; transparente a opaco; brilho adamantino; fratura em degraus; clivagem perfeita em quatro direções; dureza 10.	
Epidoto (pistacita)	Silicatos ($\text{Ca}_2(\text{Al},\text{Fe})_3(\text{SiO}_4)_3(\text{OH})$); monoclinico; cores variadas verde/marrom/amarelo/preto; transparente a translúcida; brilho vítreo a gorduroso; fratura irregular a concoidal; clivagem perfeita em uma direção; dureza 6-7; decompõe-se parcialmente por ácido clorídrico concentrado e quente, e mais rapidamente por ácido fluorídrico.	
Esfênio (titanita)	Silicatos (CaTiSiO_5); monoclinico; cores variadas; transparente a translúcida; brilho adamantino; fratura concoidal a fibrosa; clivagem distinta em duas direções; dureza 5-5,5; atacado por ácidos.	
Esmeralda (Berilo)	silicatos ($\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$); hexagonal; verde claro a muito escuro ao verde azulado muito forte; transparente a translúcida; brilho vítreo; acatassolamento e asterismo (raro); pleocroísmo moderado a forte; fratura concoidal; clivagem muito difícil em uma direção, quase nunca vista; dureza 7,5-8; reage com ácido fluorídrico.	
Feldspato microclínio	silicatos (KAlSi_3O_8); triclinico; cores variadas verde/branco/laranja/rosa; semitranslúcida a opaco; brilho vítreo a gorduroso; aventurescência; clivagem perfeita, em duas direções; dureza 6-6,5; atacado por ácido fluorídrico.	



Gema	Descrição	Ilustração
Feldspato Plagioclásio (Labradorita oligoclásio)	silicatos ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ e $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$); cores variadas; triclinico; transparente ao opaco; labradorescência, aventurinização; olho-de-gato ou asterismo; fratura desigual a estilhaçada; clivagem perfeita e fácil em 2 direções; dureza 6-6,5; rapidamente atacado por ácido fluorídrico, lentamente atacado por ácido clorídrico.	
Fluorita	Halogenetos (CaF_2); cúbico; cores variadas; transparente a translúcido; brilho vítreo; fratura concoidal, em degrau ou estilhaçada; clivagem perfeita em quatro direções; dureza 4; decompõe com ácido sulfúrico	
Hematita	Óxidos (Fe_2O_3) hexagonal (trigonal); cinza escuro a preto; opaco; brilho metálico; fratura fibrosa, granulada ou subconcoidal; não apresenta clivagem; magnetismo de moderado a nenhum; dureza 5,5 - 6,5; traço vermelho-marrom solúvel em ácido clorídrico.	
Lápis-lazúli	Rocha, fórmula química variável, composta por lazurita, calcita e pirita; azul ligeiramente esverdeado; semitranslúcido a opaco; brilho e ceráceo a vítreo; fratura granular, desigual; sem clivagem; dureza 5-6; decompõe lentamente por ácido clorídrico com odor de ovo podre	
Lazulita	Fosfatos ($\text{MgAl}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2$); monoclinico; azul esverdeado; transparente a opaco; brilho vítreo; fratura irregular a granulada; clivagem indistinta em uma direção, raramente vista; dureza 5-6; atacada por ácidos quentes	
Malaquita	Carbonatos ($\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$) monoclinico; verde, verdeazulado; opaco; brilho vítreo a sedoso; fratura irregular a fibrosa; clivagem perfeita em duas direções; dureza 3,5-4; atacado por ácidos	
Obsidiana	vidro natural de origem vulcânica; amorfo; 77% de sílica e de 10 a 18% de alumina; cores variadas; transparente a opaco; brilho vítreo; iridescência e acatassolamento; fratura concoidal; não apresenta clivagem; dureza 5-5,5; atacado por ácido fluorídrico	
Olho de gato (Crisoberilo)	óxidos (BeAl_2O_4) ortorrômbico; cores variadas; semitransparente a semitranslúcido; brilho vítreo a subadamantino; acatassolamento; fratura concoidal; não apresenta clivagem; dureza 8,5	
Olho de tigre (Quartzo)	Silicato (SiO_2); hexagonal (trigonal); amarelo amarronzado ao marrom ao marrom avermelhado; semitranslúcido a opaco; brilho vítreo; acatassolamento; fratura fibrosa a concoidal; não apresenta clivagem; dureza 7; solúvel em ácido fluorídrico e fluoreto de amônio	
Opala	Silicato ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), amorfo; cores variadas; transparente a opaca; brilho vítreo a resinoso; opalescência, opalização, asterismo (raro) e acatassolamento (raro); fratura concoidal a irregular; não apresenta clivagem; dureza 5-	







Gema	Descrição	Ilustração
	6,5	
Peridoto (Olivina/forsterita)	Silicatos ((Mg,Fe) ₂ SiO ₄); ortorrômbico; verde amarelado a amarelo esverdeado a verde amarronzado; transparente a translúcido; brilho vítreo; asterismo (extremamente raro); fratura concoidal; clivagem de imperfeita a distinta em uma direção (raramente vista); dureza 6,5-7; atacado facilmente por ácido sulfúrico	
Pirita (Ouro dos tolos)	Sulfeto (FeS ₂); Cúbico; amarelo claro metálico; opaco; brilho metálico; fratura concoidal a irregular; não apresenta clivagem; dureza 6-6,5; solúvel em ácido nítrico; superfície se oxida com o tempo	
Rodocrosita (Calcita)	MnCO ₃ hexagonal (trigonal); rosa, cinza, marrom, amarelo; translúcido a opaco; brilho vítreo ao subvítreo; fratura irregular a granulada; fratura perfeita em 3 direções; dureza 3,5 - 4,5; efervesce com ácido clorídrico	
Rubi (Corindon)	Óxido (Al ₂ O ₃); hexagonal (trigonal); vermelho alaranjado a vermelho arroxeadado, vermelho amarronzado; transparente a opaco; vítreo a subadamantino; asterismo; acatassolamento muito raro; pleocroísmo forte; fratura concoidal a irregular; não apresenta clivagem, dureza 9; atacado com dificuldade.	
Safira (Corindon)	Óxido (Al ₂ O ₃); hexagonal (trigonal); cores variáveis; transparente a opaco; vítreo a subadamantino; asterismo; acatassolamento muito raro; pleocroísmo forte; fratura concoidal a irregular; não apresenta clivagem, dureza 9; atacado com dificuldade.	
Topázio	silicatos (Al ₂ (F,OH) ₂ SiO ₄) ortorrômbico; cores variadas; transparente; brilho vítreo; acatassolamento (raro); fratura concoidal; clivagem perfeita em uma direção; dureza 8; atacado muito levemente por ácidos.	
Turmalina	Silicatos (Ca,K,Na)(Al,Fe,Li,Mg,Mn) ₃ (Al,Cr,Fe,V) ₆ (BO ₃) ₃ Si ₆ O ₁₈ (OH,F) ₄ ; cores variadas; transparente a opaco; brilho vítreo; acatassolamento; fratura concoidal; não apresenta clivagem; dureza 7-7,5;	
Turquesa	Fosfatos (CuAl ₆ (PO ₄) ₄ (OH) ₈ 5H ₂ O); cores de azul a verde; semitranslúcido a opaco; brilho ceráceo a vítreo; fratura concoidal ou granular; não apresenta clivagem; dureza 5-6; dissolve lentamente em ácido clorídrico	
Zircão	Silicatos (ZrSiO ₄); cores variadas; transparente; brilho vítreo a adamantino; acatassolamento (raro); fratura concoidal; não apresenta clivagem; dureza 6-7,5.	
Outras Gemas usuais:		
<ul style="list-style-type: none"> Alexandrita, Brasilianita, Escapolita, Espinélio, Espodumênio, Euclásio, Howlita, Iolita, Marcassita, Moldavita, Rodonita, Serpentina, sodalita, Tanzanita Variiedades do quartzo: Ágata, Ametista, Citrino, Cornalita (quartzo criptocristalino), crisoprásio (quartzo criptocristalino), Jaspe (quartzo criptocristalino), Olho de tigre, Ônix (quartzo criptocristalino - 		



Gema	Descrição	Ilustração
	<p>calcedônia), pedra-de-sangue (calcedônia), quartzo aventurino, quartzo cristal-de-rocha, Quartzo Dendrita, Quartzo Fumé; Quartzo Rosa, Quartzo Rutilado, Quartzo Turmalinado, Quartzo Verde,</p> <ul style="list-style-type: none"> • Variedades do Berilo: Água-marinha, Berilo verde, Esmeralda, Heliodoro, Morganita • Piroxênio: Diopsídio, Jadeita (Jade) • Anfibólio: Actinolita, Nefrita (Jade), • Feldspato: Microclínio, Ortoclásio, Plagioclásio • Granada: (Almandina, Andradita, Espessartita, Grossulária, Hidrogrossulária, Piropo, Rodolita, Malaia e com mudança-de-cor • Crisoberilo (olho de gato) • Turmalina: Turmalina Bicolor, Turmalina Indicolita, Turmalina Paraíba, Turmalina Rubelita, Turmalina Verde 	
Gemas Orgânicas		
Âmbar	resinas fossilizadas de árvores anciãs de 10 a 100 milhões de anos; amorfo; $C_{10}H_{16}O$; transparente a opaco; brilho resinoso a vítreo; fratura concoidal; não apresenta clivagem; dureza 2-2,5; atacado por ácidos; solventes fortes, éter, álcool e cloro	
Amonita	orgânico, a concha ou impressão do interior da concha da amonita mineralizada e fossilizada (65 milhões de anos); composição variável variable, freqüentemente aragonita, calcita, pitita, sílica e outros; cores variáveis; opaco; brilho vítreo; iridescência; fratura irregular a granulada; clivagem não visível; dureza variável; atacado por ácidos	
Azeviche (linhito)	carvão formado de madeira fossilizada no fundo do oceano há 180 milhões de anos; amorfo; composição (C, H, O); marrom muito escuro ao preto; semitranslúcido ao opaco; brilho resinoso ao vítreo; fratura concoidal; não apresenta clivagem; 2,5-4; ácidos podem tirar o brilho da superfície	
Concha	invólucro calcário ou córneo de moluscos de água salgada e doce; $CaCO_3$ mais alguma matéria orgânica e água; cores variáveis; translúcido a opaco; brilho gorduroso ou perolado; fratura desigual a estilhaçada; não possui clivagem; dureza 3,5; efervesce com ácido clorídrico, atacado por ácidos	
Copal	resina fossilizada, mais recente na origem que o âmbar, produzida por árvores tropicais; amorfo; fórmula química variável; amarelo, laranja e marrom; transparente a translúcido; brilho resinoso a vítreo; fratura concoidal a desigual; dureza 2; éter causa inchaço e amolecimento para uma massa viscosa	
Coral	restos de uma colônia de pólipos minúsculos animais marinhos; trigonal; principalmente $CaCO_3$; semitranslúcido a opaco; brilho ceráceo a vítreo; fratura estilhaçada a desigual; clivagem não apresenta; dureza 3,5-4; efervesce em ácido clorídrico	



Gema	Descrição	Ilustração
Coral (Conchiolina)	restos de uma colônia pólipos, minúsculos animais marinhos; trigonal; $C_{32}H_{48}N_2O_{11}$; negro, marrom escuro e amarelo; semitranslúcido a opaco; brilho ceráceo a vítreo; fratura concoidal a desigual; não apresenta clivagem; dureza 3; facilmente atacado	
Marfim (Elefante)	provenientes de presas de elefante; amorfo; $(Ca_3OH)_2(PO_4)_6Ca_4$ e material orgânico; branco ao amarelo claro; translúcido a opaco; brilho gorduroso a fosco; fratura estilhaçada; não possui clivagem; dureza 2,25-2,75; amolece com ácido nítrico e fosfórico	
Pérola	formada no corpo de certos moluscos de água doce e água salgada ao redor de parasita irritante sem intervenção humana; ortorrômbico (aragonita), trigonal (calcita); $CaCO_3$; cores variadas; translúcido a opaco; fratura irregular; clivagem não possui; dureza 2,5-4,5; atacado por todos os ácidos	
Pérola Cultivada	se desenvolve no corpo de moluscos de água doce e salgada a partir da intercessão humana; ortorrômbico (aragonita), trigonal (calcita); $CaCO_3$; cores variadas; translúcido a opaco; fratura irregular; clivagem não possui; dureza 2,5-4; atacado por todos os ácidos	

Gemas Não Usuais

- Actinolita: silicatos; anfibólio; monoclinico; $Ca_2(Mg,Fe)_5Si_8O_{22}(OH)_2$; transparente a opaco; brilho vítreo; acatassolamento; fratura irregular; clivagem perfeita em duas direções; dureza 5-6; não é atacado por ácidos.
- Benitoíta: silicatos; hexagonal; $BaTiSi_3O_9$; azul, azul violáceo e rosa; transparente; brilho vítreo a sub-adamantino; fratura concoidal a irregular; clivagem indistinta em uma direção; dureza 6-6,5; atacado por ácido clorídrico concentrado; atacado por ácido fluorídrico
- Cassiterita: Óxido (grupo do rutilo); tetragonal; SnO_2 ; cores variadas; transparente a opaco; brilho sub-adamantino a adamantino; fratura de concoidal a irregular; clivagem mperfeita em uma direção; dureza 6-7
- Cianita: silicatos; triclinico; Al_2SiO_5 ; cores variadas; transparente a translúcidos; brilho vítreo; acatassolamento; fratura irregular; clivagem perfeita em uma direção; dureza 4 – 5 em uma direção, 6 – 7,5 a 90º daquela;
- Danburita: silicatos; ortorrômbico; $CaB_2(SiO_4)_2$; incolor ao amarelo claro ao marrom; transparente a translúcido; brilho vítreo a resinoso; fratura e irregular a sub-concoidal; dureza 7.
- Dioptásio: silicatos; hexagonal (trigonal); $CuSiO_2(OH)_2$; verde azulado intenso; transparente a translúcido; brilho vítreo; fratura de concoidal a irregular; Clivagem perfeita em três direções; Dureza 5
- Enstatita: silicatos; grupo do piroxênio; ortorrômbico; $MgSiO_3$; cores variadas; transparente a opaco; brilho vítreo; acatassolamento e asterismo de seis raios (raro); Fratura irregular; Clivagem distinta em duas direções; Dureza 5 - 6
- Esfarelita: sulfuretos; cúbico; $(Zn,Fe)S$; cores variadas; transparente a opaco; brilho adamantino a sub-adamantino; fratura concoidal a irregular; clivagem perfeita em seis direções; dureza 3,5-4;
- Fenaquita: silicatos; hexagonal (trigonal); Be_2SiO_4 ; o incolor ao amarelo; transparente; brilho vítreo; fratura concoidal; clivagem indistinta; dureza 7,5-8;
- Gahnospinélio: óxidos; cúbico; $(Mg,Zn)Al_2O_4$; verde ou azul; transparente a translúcido; brilho vítreo; fratura concoidal; clivagem indistinta; dureza 7,5 - 8
- Idocrásio: silicatos; tetragonal; $Ca_{10}Mg_2Al_4(SiO_4)_5(Si_2O_7)_2(OH)_4$; cores variadas; transparente ao opaco;



Gema	Descrição	Ilustração
	brilho vítreo a gorduroso; fratura de concoidal a irregular; clivagem indistinta; dureza 6,5	
	<ul style="list-style-type: none">• Kornerupina: silicatos; ortorrômbico; $Mg_3Al_6(Si,Al,B)_5O_{21}(OH)$; cores variadas; transparente a translúcido; brilho vítreo; acatassolamento e asterismo; fratura concoidal; Clivagem perfeita em duas direções; dureza 6-7• Montebrasita: fosfatos; triclinico; cores variadas; transparente Brilho de gorduroso a vítreo; Fratura concoidal Clivagem perfeito em uma direção; dureza 5,5-6;• Pectolita: silicatos; triclinico; $NaCa_2 Si_3 O_8 (OH)$; cores variadas; semitransparente a opaco; vítreo a sedoso; acatassolamento; fratura concoidal a fibrosa; clivagem perfeita em duas direções; dureza 4,5-5• Petalita: silicatos; monoclinico; $LiAlSi_4O_{10}$; cores variadas; transparente a translúcido; brilho vítreo a nacarado; Fratura subconcoidal; Clivagem perfeita em uma direção; dureza 6-6,5;• Rutilo: óxidos; tetragonal; TiO_2; cores variadas; opaco a transparente; brilho metálico a sub-adamantino; Fratura concoidal a irregular; Clivagem distinta em uma direção; dureza 5-6,5• Sillimanita: silicatos; ortorrômbico; Al_2SiO_5 cores variadas; translúcido ao opaco; brilho vítreo a sedoso; acatassolamento; Fratura irregular; Clivagem perfeita em uma direção; dureza 6-7,5• Sinhalita: óxidos; ortorrômbico; $MgAlBO_4$; cores variadas; transparente a translúcido; brilho vítreo; Fratura concoidal; clivagem indistinta; dureza 6,5-7;• Taaffeíta: óxidos; hexagonal; $MgBeAl_4O_8$; cores variadas; transparente brilho vítreo; fratura concoidal; dureza 8 – 8,5• Thomsonita: silicatos; grupo das zeólitas; ortorrômbico; $NaCa_2Al_5Si_5O_20 \cdot 6H_2O$; cores variadas; translúcido a opaco; brilho sedoso a vítreo; fratura irregular; clivagem perfeita em uma direção; dureza 5-5,5• Variscita: Óxidos; ortorrômbico; $AlPO_4 \cdot 2H_2O$; cores variadas; translúcido a opaco; brilho ceráceo a vítreo; fratura granulada a irregular; dureza 3,5-5	
Gemas Artificiais		
	<ul style="list-style-type: none">• GGG: Cúbico; $Gd_3Ga_5O_{12}$; cores variadas; transparente; brilho vítreo a sub-adamantino; fratura concoidal; dureza 6,5• Titanato de Estrôncio: cúbico; $SrTiO_3$; incolor; tranaparente; brilho vítreo a sub-adamantino; fratura concoidal; dureza 5-6• YAG: cúbico; $Y_3Al_5O_{12}$; cores variadas; transparente; brilho vétreo a sub-adamantino; fratura concoidal a irregular; dureza 8,5;• Zircônica Cúbica: cúbico; ZrO_2; cores variadas; transparente; brilho sub-adamantino; fratura concoidal; dureza 8,5.	



(FUNDAÇÃO UNIVERSA/PCDF - 2012) Gemas orgânicas são aquelas produzidas por seres vivos. Assinale a alternativa em que são listadas apenas gemas orgânicas.

- (A) Âmbar, marfim, safira sintética.
- (B) Pérola natural, pérola cultivada, âmbar.
- (C) Pérola natural, âmbar, marfim.



(D) Pérola cultivada, marfim, safira sintética.

(E) Pérola natural, âmbar, safira sintética.

Comentários:

Safira sintética, pérola cultivada e safira sintética não são gemas orgânicas. A única alternativa em que apenas lista gemas orgânicas é a **letra C**, gabarito da questão.

Prezado(a) futuro(a) servidor(a) público(a),

Chegamos ao final da aula de Mineralogia e Gemologia. Parabéns por ter concluído o estudo desse material! A seguir, você terá a oportunidade de praticar os conceitos abordados durante a aula, por meio da resolução de questões objetivas.

Espero que tenha sido uma aula agradável e que tenha contribuído para o seu conhecimento sobre o tema. Após a primeira leitura deste material, pode parecer que pouco foi absorvido. Releia os pontos marcados como mais importantes, mas não dê um intervalo muito longo entre uma leitura e outra. A cada vez que você passar pelo conteúdo, entenderá mais e conseguirá relacionar um tópico a outro. Esse é o processo do conhecimento.

Bons estudos e uma excelente prova!

Você está uma aula mais próximo de realizar o seu sonho!



QUESTÕES COMENTADAS



CEBRASPE

1. (CEBRASPE/CODEVASF - 2024) Julgue os seguintes itens, referentes à mineralogia.

A calcita é um mineral identificado como biaxial, pois apresenta birrefringência quando a luz passa por seus cristais.

Comentários:

Minerais biaxiais são um tipo de minerais anisotrópicos que possuem três índices de refração. Já os monoaxiais são aqueles que possuem dois índices de refração. Os minerais dos sistemas ortorrômbico, monoclinico e triclinico, possuem dois eixos ópticos e são chamados de biaxiais. Já os minerais dos sistemas trigonal, tetragonal e hexagonal são uniaxiais. A calcita é um mineral que cristaliza no sistema trigonal e que possui caráter óptico uniaxial. Assertiva **incorreta**.

2. (CEBRASPE/CODEVASF - 2024) Julgue os seguintes itens, referentes à mineralogia.

As substâncias não cristalinas, tais como gases, líquidos, vidros e cristais do sistema cúbico, são consideradas isotrópicas.

Comentários:

As substâncias isotrópicas são aquelas cujas propriedades físicas como índice de refração ou condutividade térmica são as mesmas em todas as direções. Essa propriedade é observada em gases, líquidos, vidros e cristais do sistema cúbico. Inicialmente, a questão foi considerada correta. No entanto, no gabarito definitivo a questão incorreta, com a seguinte justificativa: A redação do item não pode ser considerada correta, uma vez que cristais do sistema cúbico não são substâncias não cristalinas.

De fato, o único problema da questão foi apresentar cristais do sistema cúbico como um tipo de substância não cristalina, o que compromete o julgamento adequado da assertiva que, na minha opinião, devia ter sido anulada. Assertiva **incorreta**.

3. (CEBRASPE/CODEVASF - 2024) Julgue os seguintes itens, referentes à mineralogia.

Os minerais anisotrópicos possuem mais de um índice de refração e são divididos em dois grupos: os monaxiais e os biaxiais.

Comentários:

Os cristais anisotrópicos podem ser uniaxiais (quando possuem dois índices de refração) ou biaxiais (quando possuem três índices de refração). Assertiva **correta**.

4. (CEBRASPE/CODEVASF - 2024) Julgue os seguintes itens, referentes à mineralogia.



Todas as substâncias cristalinas são anisotrópicas.

Comentários:

Os cristais isotrópicos incluem aqueles do sistema cúbico ou isométricos, nos quais a luz se move em todas as direções com a mesma velocidade e, por isso, esses cristais possuem apenas um índice de refração. Os cristais anisotrópicos são todos os demais (com exceção daqueles do sistema cúbico), e nesse caso, a velocidade da luz varia dependendo da direção cristalográfica em que se desloca, e, por isso, apresentam mais de um índice de refração.

Um exemplo de substância cristalina que não é anisotrópica, é pirita, do sistema cúbico. Assertiva **incorreta**.

5. (CEBRASPE/ANM - 2022) À medida que diminui a temperatura, a cristalização do magma se caracteriza por um processo contínuo de reação entre os primeiros cristais formados e o material ainda em estado de fusão. Acerca de aspectos em geologia relacionados a esse assunto, a sensoriamento remoto e a processos intempéricos, julgue os itens a seguir.

A suscetibilidade magnética é uma propriedade comum a todos os minerais.

Comentários:

A suscetibilidade magnética de um mineral está relacionada com a sua capacidade de ser atraído ou repelido pelos ímãs. Com relação ao magnetismo, os minerais podem ser classificados como diamagnéticos, paramagnéticos ou ferromagnéticos. Os ferromagnéticos são aqueles que possuem forte atração magnética. Os paramagnéticos são aqueles que podem ser ligeiramente atraídos por um campo magnético e os diamagnéticos são aqueles que não experimentam atração por campo magnético. Por isso é incorreto afirmar que a suscetibilidade magnética é uma propriedade comum a todos os minerais. Assertiva **incorreta**.

6. (CEBRASPE/PF - 2018) Tendo em vista que as características de minerais e grupos minerais podem ser estudadas e identificadas por meio de métodos simples não destrutivos ou por meio de técnicas analíticas avançadas, e considerando a classificação de Dana, julgue os itens que se seguem, relativos ao grupo olivina, que é formado por minerais ortorrômbicos e monoclinicos ricos em Fe e Mg.

A difusão de Ni em um monocristal do grupo olivina não é igual em todas as direções do cristal.

Comentários:

Os cristais podem ser divididos em isotrópicos e anisotrópicos. Os isotrópicos são aqueles do sistema cúbico ou isométrico. Já os anisotrópicos são os demais (todos com exceção do cúbico). Nos cristais isotrópicos a luz se move em todas as direções com a mesma velocidade e, por isso, esses cristais possuem apenas um índice de refração. Nos cristais anisotrópicos, a velocidade da luz varia dependendo da direção cristalográfica em que se desloca, e, por isso, apresentam mais de um índice de refração. O mineral olivina cristaliza no sistema ortorrômbico (a informação é fornecida na questão), sendo um cristal anisotrópico e que possui diferentes índices de refração dependendo da direção cristalográfica e, portanto, a difusão de Ni em um monocristal do grupo olivina não é igual em todas as direções do cristal. Assertiva **correta**.

7. (CEBRASPE/PF - 2018) Tendo em vista que as características de minerais e grupos minerais podem ser estudadas e identificadas por meio de métodos simples não destrutivos ou por meio de técnicas analíticas avançadas, e considerando a classificação de Dana, julgue os itens que se seguem, relativos ao grupo olivina, que é formado por minerais ortorrômbicos e monoclinicos ricos em Fe e Mg.



Grande parte dos componentes do grupo mineral olivina provém de rochas ígneas ultramáficas pobres em álcalis.

Comentários:

No gabarito preliminar, a assertiva foi considerada **correta**. O que faz sentido caso não leve os termos muito de forma muito literal. A olivina é um dos primeiros minerais a se formar, a partir de um magma ultramáfico, considerando a Série de Bowen. Acredito que o problema da questão tenha sido o português e, por isso, foi anulada pela banca no gabarito definitivo, com a seguinte justificativa:

"As exceções ao que se dispõe na redação possibilitam mais de uma interpretação, o que prejudica o julgamento objetivo do item." Questão **anulada**.

8. (CEBRASPE/PF - 2018) Tendo em vista que as características de minerais e grupos minerais podem ser estudadas e identificadas por meio de métodos simples não destrutivos ou por meio de técnicas analíticas avançadas, e considerando a classificação de Dana, julgue os itens que se seguem, relativos ao grupo olivina, que é formado por minerais ortorrômbicos e monoclinos ricos em Fe e Mg.

Fayalita, um mineral do grupo olivina rico em Mg, apresenta dureza de 6,5 na escala de Mohs, brilho vítreo e fratura conchoidal.

Comentários:

Olivina é um grupo de minerais de silicato $((Mg,Fe)_2SiO_4)$, que inclui a fayalita (Fe_2SiO_4) e a forsterita (Mg_2SiO_4) , cristalizam-se no sistema ortorrômbico, possuem cores variadas de verde amarelado a amarelo esverdeado a verde amarronzado; são transparente a translúcido; brilho vítreo; asterismo (extremamente raro); fratura conchoidal; clivagem de imperfeita a distinta em uma direção (raramente vista); dureza 6,5-7; atacado facilmente por ácido sulfúrico. A fayalita é rica em Fe, e não em Mg. Assertiva **incorreta**.

9. (CEBRASPE/PF - 2018) Tendo em vista que as características de minerais e grupos minerais podem ser estudadas e identificadas por meio de métodos simples não destrutivos ou por meio de técnicas analíticas avançadas, e considerando a classificação de Dana, julgue os itens que se seguem, relativos ao grupo olivina, que é formado por minerais ortorrômbicos e monoclinos ricos em Fe e Mg.

A forsterita pode ser facilmente identificada em um espectro de radiação infravermelha pela diferença de intensidade de picos de energia das ligações de SiO_4 e FeO_6 .

Comentários:

Assim como a questão anterior, esta assertiva trocou a composição do mineral. A forsterita é um mineral do grupo olivina rico em Mg, e não em Fe. Assertiva **incorreta**.

10. (CEBRASPE/PF - 2018) Com relação às propriedades físicas do berilo e às características gemológicas desse grupo de cristais, julgue os itens a seguir.

Berilos são nesossilicatos que se desenvolvem comumente como cristais colunares prismáticos, cujos tetraedros de silício se arranjam em estruturas hexagonais anelares centradas em seu eixo de simetria 6n.

Comentários:

Berilo é um grupo de minerais usados como gemas, que incluem Água-marinha, Berilo verde, Esmeralda, Heliodoro, Morganita. Esses minerais são ciclossilicatos $(Be_3Al_2Si_6O_{18})$, cristalizam no sistema hexagonal, possuem hábito prismático alongado, com coloração variável de azul/verde/amarela, com pleocroísmo fraco a moderado, brilho vítreo, acatassolamento, fratura conchoidal; clivagem muito difícil em uma



direção; dureza 7,5 - 8, que reage com ácido fluorídrico. A assertiva classifica o Berilo como nesossilicato e, por isso, está **incorreta**.

11. (CEBRASPE/PF - 2018) Com relação às propriedades físicas do berilo e às características gemológicas desse grupo de cristais, julgue os itens a seguir.

A variedade azul do berilo é conhecida como morganita. Sua cor característica se deve à presença de Mn na estrutura do mineral, embora Cs e Rb possam fazer parte da sua estrutura como impurezas.

Comentários:

A morganita é uma das variedades do berilo ($\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$) cuja coloração é rosa, laranja avermelhado claro (salmão) a vermelho violáceo claro. A sua composição química não inclui o elemento Mn. Por isso a assertiva está **incorreta**.

12. (CEBRASPE/PF - 2018) Com relação às propriedades físicas do berilo e às características gemológicas desse grupo de cristais, julgue os itens a seguir.

Podem ser encontrados berilos de diversos tons de amarelo, como, por exemplo, o berilo boca-de-fogo, o berilo heliodoro e o berilo amarelo. Alguns desses minerais apresentam essa tonalidade por conterem traços de óxido de urânio em sua estrutura.

Comentários:

O heliodoro é um mineral da espécie do Berilo ($\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$) de coloração amarela e brilho dourado e podem conter elementos traços na sua estrutura. O Gabarito preliminar considerou a assertiva como **certa**. No entanto, a banca anulou a questão, no gabarito definitivo, com a seguinte justificativa:

"Por não haver relação entre a coloração amarela e a presença de óxido de urânio, prejudicou-se o julgamento objetivo do item." Questão **anulada**.

13. (CEBRASPE/PF - 2018) Com relação às propriedades físicas do berilo e às características gemológicas desse grupo de cristais, julgue os itens a seguir.

Nos berilos, podem-se identificar diversos tipos de inclusões, entre as quais, as mais comuns são as inclusões tubulares, que se desenvolvem paralelamente ao eixo vertical do cristal.

Comentários:

Os berilos podem, ou não, conter inclusões, como: inclusões líquidas, bifásicas ou tubulares, tubos de crescimento ocos ou preenchidos com fluidos, paralelos ao eixo c do cristal ("efeito chuva"); gotículas fluidas arrançadas radialmente ("estrela de neve" ou "crisântemo") e inclusões minerais (óxido de ferro). No gabarito preliminar, a assertiva foi considerada como correta. No entanto, a banca anulou a questão, no gabarito definitivo, com seguinte justificativa:

"A utilização da expressão "mais comuns" prejudicou o julgamento objetivo do item." Questão **anulada**.

14. (CEBRASPE/PF - 2018) Com relação às propriedades físicas do berilo e às características gemológicas desse grupo de cristais, julgue os itens a seguir.

Esmeralda é uma variedade de berilo que apresenta cor verde devido à presença de traços do elemento cromo na sua estrutura.

Comentários:



A esmeralda é um dos minerais da espécie do berilo ($\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$). A sua coloração verde se deve à exposição do mineral a vestígios de cromo, vanádio e ferro, os quais, apesar de não comporem a composição química do mineral, podem ocorrer como elementos traços. Assertiva **correta**.

15. (CEBRASPE/PF - 2013) Com relação à mineralogia, julgue os itens a seguir.

A luz é uma onda transversal que pode ser polarizada de diferentes maneiras. Muitos cristais naturais, quando cortados adequadamente, refletem, absorvem e transmitem luz, podendo ser usados para a obtenção de luz linearmente polarizada.

Comentários:

Como a luz descreve um movimento ondulatório, suas vibrações ocorrem em todas as direções perpendiculares à direção de propagação. No entanto, como no caso das análises ópticas, em que a luz é confinada a vibrar em um único plano, ela é denominada de plano-polarizada. A luz polarizada pode ser obtida por absorção e por reflexão. A luz polarizada por absorção ocorre quando os cristais anisotrópicos absorvem, quase que completamente, um dos raios enquanto o outro raio sofre apenas uma pequena absorção. Além disso, uma luz que é refletida de uma superfície lisa não metálica é parcialmente polarizada, sendo que o grau de polarização depende do ângulo de incidência e do índice de refração da superfície refletora. Assertiva **correta**.

16. (CEBRASPE/PF - 2013) No que se refere a gemologia, julgue os itens que se seguem.

O mineral coríndon, que pertence ao grupo da hematita e tem como principal característica a dureza 9, apresenta as seguintes variedades de gemas: padparadscha, rubi, rubi astérico, safira, safira astérica e safira com mudança de cor.

Comentários:

O Coríndon é um óxido de alumínio (Al_2O_3); hexagonal (trigonal); com cores variáveis; transparente a opaco; vítreo a subadamantino; pode possuir asterismo, acatassolamento muito raro, pleocroísmo forte; apresenta fratura concoidal a irregular; não apresenta clivagem, dureza 9; podendo ter reação química com dificuldade. AS principais variedades do coríndon são o rubi (avermelhado) e a safira: safira dourada, safira padparadscha (laranja rosado), safira Kashmir (azul violáceo), safira oriental ou birmanêsa (azul violáceo), safira do Ceilão ou Sri Lanka (azul acinzentado), safira do Sião (azul escuro), safira de Montana (azul, transparente), safira africana (clara), safira australiana (escura) e safira “gueda” (aparência leitosa). Assertiva **correta**.

17. (CEBRASPE/PF - 2013) No que se refere a gemologia, julgue os itens que se seguem.

O emprego do termo brilhante é adequado para qualificar a lapidação do diamante e do zircão, desde que redondos, sem qualquer descrição adicional do material.

Comentários:

O termo brilhante, sem qualquer descrição adicional do material, deve ser somente aplicado para diamantes redondos, em lapidação brilhante. Assertiva **incorreta**.

18. (CEBRASPE/PF - 2013) No que se refere a gemologia, julgue os itens que se seguem.

De acordo com as normas técnicas — ABNT, ISO e CIBJO — que regulam o emprego dos termos relacionados aos materiais gemológicos, os termos semipreciosa e preciosa devem ser utilizados para diferenciar cientificamente as gemas.

Comentários:



Deve ser evitado uso da palavra semipreciosa, substituindo-a por “preciosa”, salvo nos casos de exigências comerciais ou legais. Assertiva **incorreta**.

19. (CEBRASPE/PF - 2013) No que se refere a gemologia, julgue os itens que se seguem.

Os materiais naturais de interesse gemológico são divididos em classes que incluem as denominadas gemas naturais, gemas orgânicas e gemas fossilizadas, sendo o marfim, o âmbar e a pérola exemplos dessas duas últimas.

Comentários:

O gabarito inicial considerou a assertiva como correta. No entanto, a banca anulou a questão, no gabarito definitivo, com a seguinte justificativa:

"Ao contrário do que afirma o item, as gemas marfim, âmbar e pérola não são exemplos de gemas orgânicas e fossilizadas. Dessa forma, optar-se-ia pela alteração do gabarito. Porém, conforme previsto em edital, no tópico 18.6.1, existe a possibilidade apenas de anulação dos itens. Diante disso, opta-se pela anulação."

Apesar do que é apresentado pela banca, o Manual Técnico de Gemas (2005) traz em seu anexo II que as gemas âmbar, marfim e a pérola são classificadas como "gemas orgânicas, fossilizadas e outras". Questão **anulada**.

20. (CEBRASPE/FUB - 2011) A respeito de geologia geral e mineralogia, julgue os itens seguintes.

As propriedades físicas dos minerais, em grande parte, são determinadas pelas ligações químicas, tais como a ligação covalente, que ocorre pelo compartilhamento de elétrons dos orbitais de valência. Os materiais covalentes têm baixa maleabilidade, alto ponto de fusão e alta dureza.

Comentários:

Os minerais são compostos químicos e suas propriedades são determinadas pela sua estrutura química, incluindo o tipo de ligação (iônica, metálica, covalente, de Van der Waal e ligações de hidrogênios). Na ligação covalente os átomos compartilham os elétrons da camada de valência, o que faz com que assumem a configuração de gás nobre (ficam com oito elétrons na camada de valência). A ligação covalente é o tipo de ligação mais forte, o que atribui características de muita resistência à estrutura dos minerais, como alta dureza, insolubilidade, alto ponto de fusão, baixas maleabilidade e condutividade elétrica. **Assertiva correta**.

INSTITUTO ADM&TEC

21. (Instituto ADM&TEC/Prefeitura de Rio Largo - 2019 - Adaptada) Julgue o item a seguir a respeito de mineralogia.

A origem de um mineral não possui relação com os compostos químicos ou com as condições de temperatura e pressão, predominante em seu ambiente de formação.

Comentários:

O tipo de mineral depende do processo de formação, bem como das condições atuantes, como por exemplo, a temperatura e pressão. Por exemplo, as rochas magmáticas (e, portanto, os minerais que as constituem) são formadas pelo resfriamento do magma, sendo que a composição da rocha e dos minerais depende da composição química do magma, da temperatura e da pressão da sua formação. **Assertiva incorreta**.



22. (Instituto ADM&TEC/Prefeitura de Rio Largo - 2019 - Adaptada) Julgue o item a seguir a respeito de mineralogia.

Quando o magma, ou a lava, se resfria, os minerais começam a cristalizar e crescer, determinando, desse modo, a composição mineral das rochas sedimentares.

Comentários:

O resfriamento do magma ou lava resulta na cristalização dos minerais que constituem as rochas magmáticas ou ígneas. As rochas sedimentares são aquelas formadas a partir da deposição e litificação de sedimentos originados pela fragmentação de outras rochas previamente existentes. **Assertiva incorreta.**

23. (Instituto ADM&TEC/Prefeitura de Rio Largo - 2019 - Adaptada) Julgue o item a seguir a respeito de mineralogia.

Os minerais são produtos consolidados resultantes da união natural de rochas.

Comentários:

Os minerais são os constituintes das rochas. As rochas que são produtos consolidados e que constituem um agregado de minerais. Assertiva **incorreta**.

24. (Instituto ADM&TEC/Prefeitura de Rio Largo - 2019 - Adaptada) Julgue o item a seguir a respeito de mineralogia.

Os minerais mais comuns das rochas ígneas são os silicatos (quartzo, feldspato, mica etc.).

Comentários:

Por meio da série de cristalização de Bowen, percebe-se que os principais minerais formadores das rochas ígneas são os silicatos. Assertiva **correta**.

25. (Instituto ADM&TEC/Prefeitura de Rio Largo - 2019 - Adaptada) Julgue o item a seguir a respeito de mineralogia.

Os minerais são elementos (compostos químicos) com propriedades físicas e químicas definidas.

Comentários:

Um mineral é definido como um sólido de ocorrência natural, com um arranjo atômico altamente ordenado, com composição química homogênea e definida, sendo a sua composição química e estrutura cristalina responsáveis por atribuir as propriedades físicas desses minerais. Assertiva **correta**.

26. (Instituto ADM&TEC/Prefeitura de Rio Largo - 2019 - Adaptada) Julgue o item a seguir a respeito de mineralogia.

Um fenômeno responsável pela origem de alguns minerais é o resfriamento do magma (lava) que atinge a superfície da Terra.

Comentários:

O resfriamento do magma ou lava resulta na cristalização dos minerais, em uma série denominada de série de Bowen. Assertiva **correta**.

27. (Instituto ADM&TEC/Prefeitura de Rio Largo - 2019 - Adaptada) Julgue o item a seguir a respeito de mineralogia.



Os Carbonatos são minerais constituídos de carbono e oxigênio, combinados com cálcio e magnésio.

Comentários:

Os carbonatos são um grupo de minerais à base de carbono, estando presentes, principalmente, nas rochas de origem biogênica, calcários e dolomitos. São minerais constituídos de carbono e oxigênio com cálcio (calcita e aragonita - CaCO_3), magnésio (magnesita - MgCO_3), além de outros elementos como o ferro, o manganês, o zinco, o bário, o estrôncio e o chumbo. Assertiva **correta**.

28. (Instituto ADM&TEC/Prefeitura de Rio Largo - 2019 - Adaptada) Julgue o item a seguir a respeito de mineralogia.

O fenômeno de resfriamento do magma (material rochoso fundido) é responsável pela origem de alguns minerais.

Comentários:

O resfriamento do magma ou lava resulta na cristalização dos minerais, em uma série denominada de série de Bowen. Assertiva **correta**.

29. (Instituto ADM&TEC/Prefeitura de Rio Largo - 2019 - Adaptada) Julgue o item a seguir a respeito de mineralogia.

A gipsita (componente primária do gesso) é um dos minerais mais abundantes do grupo dos Sulfatos.

Comentários:

Os sulfatos são um grupo de minerais que apresentam em sua estrutura o radical SO_4^- . Eles se subdividem em sulfatos anidros e sulfatos básicos e hidratados. O principal sulfato anidro é a barita (BaSO_4) e sulfato hidratado mais comum é o gipso ou gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Assertiva **correta**

30. (Instituto ADM&TEC/Prefeitura de Rio Largo - 2019 - Adaptada) Julgue o item a seguir a respeito de mineralogia.

Pertencem ao grupo dos Silicatos os minerais mais abundantes da crosta terrestre, formados por Manganês e Silício.

Comentários:

A redação dessa assertiva ficou confusa. Os minerais do grupo do silicato são os mais abundantes da crosta terrestre. A estrutura desses minerais se dá na forma de cadeias (polimerização), nas quais um átomo de silício (Si) fica isolado entre quatro átomos de oxigênio, formando um tetraedro. NA estrutura dos minerais silicatos, também há outros elementos como o Ca, Mg, Mn e Al. Assertiva **incorreta**.

31. (Instituto ADM&TEC/Prefeitura de Rio Largo - 2019 - Adaptada) Julgue o item a seguir a respeito de mineralogia.

Os minerais do grupo dos óxidos são compostos nos quais o oxigênio é ligado a átomos de outros elementos metálicos.

Comentários:

Os óxidos são compostos binários formados por dois elementos químicos, sendo um deles o oxigênio. Os hidróxidos, por outro lado, possuem em sua composição o íon hidroxila (OH^-). alguns dois principais óxidos são minerais coríndon (Al_2O_3), hematita (Fe_2O_3) e a magnetita (Fe_3O_4). Assertiva **correta**.



32. (Instituto ADM&TEC/Prefeitura de Rio Largo - 2019 - Adaptada) Julgue o item a seguir a respeito de mineralogia.

O grupo dos Óxidos inclui minerais que têm grande importância econômica, pois são a matéria-prima para a produção de plástico do tipo PET.

Comentários:

O grupo dos óxidos inclui minerais com grande importância econômica, como a hematita. No entanto, esses minerais não são matéria prima para a produção de plástico PET. Assertiva **incorreta**.

DEMAIS BANCAS

33. (IBFC/PCPR - 2024) O quartzo é o principal mineral do grupo de SiO_2 dos tectossilicatos e, sobre ele, é correto afirmar que possui:

- (A) hábito ortorrômbico
- (B) fratura conchoidal
- (C) clivagem prismática
- (D) cristalografia romboédrica
- (E) dureza 6 na escala de MOHS

Comentários:

O quartzo é um mineral do grupo do tectossilicato, do sistema trigonal, sem clivagem, fratura conchoidal, classe cristalográfica trapezoédrica trigonal e com dureza 7 na escala de Mohs. Alternativa correta **letra B**.

34. (IBFC/PCPR - 2024) Em um processo de avaliação de propriedades físicas de um mineral X, que se encontrava bem preservado, um especialista, utilizando a escala de dureza de MOHS observou:

O mineral X riscou a fluorita e não foi riscado por ela.

O ortoclásio riscou o mineral X e não foi riscado por ele.

Considerando os testes de dureza, é correto afirmar que o mineral X possui dureza, na escala de MOHS, na ordem de:

- (A) 3
- (B) 4
- (C) 5
- (D) 6
- (E) 7

Comentários:

O mineral que risca possui maior dureza que o mineral que é riscado. Na escala de Mohs, a fluorita tem dureza 4 e o ortoclásio tem dureza 6. Como o mineral X riscou a fluorita e não foi riscado por ela e não riscou o ortoclásio, mas foi riscado por ele, a dureza desse mineral X é maior que 4 e menor que 6. Logo, considerando as opções dadas, a alternativa correta é a **letra C**.



35. (IBFC/PCPR - 2024) Na análise de minerais, a propriedade que se baseia em interações entre ondas eletromagnéticas e matéria cristalina para sua determinação é a:

- (A) cor
- (B) densidade
- (C) dureza
- (D) fratura
- (E) clivagem

Comentários:

As propriedades minerais relacionadas com o modo que se dá a interação entre a luz (onda eletromagnética) e o mineral incluem o brilho, a cor, o traço, e a luminescência. Das alternativas apresentadas, apenas a cor resulta dessa interação. Assertiva correta **letra A**.

36. (IBFC/PCPR - 2024) Analise a afirmativa abaixo:

Um mineral é _____ para a luz quando um raio de luz, polarizada ou não, ao penetrar nesse mineral, é refratado igualmente em qualquer direção e, portanto, se desloca sempre com a mesma velocidade dentro do mineral. Um exemplo é _____.

Assinale a alternativa que preencha correta e respectivamente as lacunas.

- (A) anisótropo / a granada
- (B) anisótropo / a esmeralda
- (C) anisótropo / a calcita
- (D) isótropo / o diamante
- (E) isótropo / a ametista

Comentários:

Os termos que preenchem dorretamente as lacunas são "isótropo" e "diamante"

Um mineral é isótropo para a luz quando um raio de luz, polarizada ou não, ao penetrar nesse mineral, é refratado igualmente em qualquer direção e, portanto, se desloca sempre com a mesma velocidade dentro do mineral. Um exemplo é o diamante.

37. (CEPUERJ - 2024) Os silicatos são constituídos por um ou mais tetraedros que configuram a fórmula básica SiO_4 e podem formar polímeros. São exemplos de silicatos com estrutura em folha:

- (A) micas e minerais de argila
- (B) piroxênios e anfibólios
- (C) feldspato e quartzo
- (D) olivinas e grafita

Comentários:

Esta é uma questão direta. Das opções apresentadas, os únicos minerais que apresentam estrutura em folha são as micas e os minerais de argila. Alternativa correta **letra A**.



38. (IBFC/SEAD - 2022) Segundo a Escala de Dureza de Mohs, a ordem decrescente de dureza dos materiais está correta apenas na alternativa:

- a) diamante, quartzo, topázio e talco
- b) ortoclásio, apatita, quartzo e gipsita
- c) coríndon, calcita, fluorita e talco
- d) ortoclásio, apatita, fluorita e gipsita
- e) diamante, calcita, topázio e coríndon

Comentários:

A escala de Mohs é dada pela seguinte sequência decrescente de dureza: diamante, coríndon, topázio, quartzo, ortoclásio, apatita, fluorita, calcita, gipsita, Talco. A alternativa que apresenta a sequência na ordem correta é a **letra D**, gabarito da questão.

39. (FEPESE -CASAN - 2022) A composição química é considerada a principal base utilizada para a classificação dos minerais, sendo possível reconhecer 12 classes distintas, as quais dependem do ânion ou grupo aniônico dominante, sendo elas em ordem alfabética: boratos, carbonatos, elementos químicos, fluoretos, fosfatos, haletos, hidróxidos, óxidos, silicatos, sulfatos, sulfetos e tungstatos.

Assinale a alternativa que indica corretamente algumas espécies minerais e suas famílias.

- (A) Os carbonatos apresentam o radical CO_3 , tendo como exemplos a dolomita e a boracita.
- (B) Os sulfatos apresentam o radical SO_4 , tendo como exemplos a anidrita e a scheelita.
- (C) Os sulfetos apresentam o radical S_3 , tendo como exemplos a pirita e a esfalerita.
- (D) Os silicatos apresentam o radical SiO_4 , tendo como exemplos a hornblenda e a gipsita.
- (E) Os hidróxidos são óxidos que apresentam água ou hidroxila, tendo como exemplos a bauxita e a goetita.

Comentários:

- (A) **Incorreta.** A dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) é um carbonato, mas a **boracita** ($\text{Mg}_3\text{B}_7\text{O}_{13}\text{Cl}$) é um borato.
- (B) **Incorreta.** A anidrita (CaSO_4) é um sulfato, mas a **scheelita** (CaWO_4) é um tungstato (wolframatos).
- (C) **Incorreta.** Pirita (FeS_2) e a esfalerita (ZnS) são sulfetos, mas o radical é S^{2-} .
- (D) **Incorreta.** A hornblenda ($(\text{Ca},\text{Na})_2\text{-}3(\text{Mg},\text{Fe},\text{Al})_5\text{Si}_6(\text{Si},\text{Al})_2\text{O}_{22}(\text{OH})_2$) é um silicato, mas a **gipsita** ou gipso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) é um sulfato.
- (E) **Correta.** A bauxita (AlO_3) e a goetita (HFeO_2) são óxidos.

40. (UFMT/SEPLAG - 2022) Em Mineralogia, os minerais são divididos em diferentes tipos de classes e subclasses. A coluna da esquerda apresenta uma relação de espécies ou grupos minerais, enquanto que a da direita, classes minerais. Numere a coluna da direita de acordo com a da esquerda.

- 1. Barita
- 2. Apatita
- 3. Fluorita



4. Epidoto

5. Zircão

() Haletos

() Sulfatos

() Fosfatos

() Sorossilicatos

() Nesossilicatos

Marque a sequência correta.

(A) 2, 1, 3, 4, 5

(B) 1, 2, 3, 5, 4

(C) 3, 1, 2, 4, 5

(D) 3, 2, 1, 5, 4

(E) 1, 3, 2, 4, 5

Comentários:

Barita (BaSO_4) sulfato, Apatita ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F,Cl,OH})$) fosfato, Fluorita (CaF_2) haleto, Epidoto ($\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})\text{Al}_2\text{O}(\text{SiO}_4)(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})$) sorossilicato, Zircão ($\text{Zr}(\text{SiO}_4)$) nesossilicato

(3) Haletos **(1)** Sulfatos **(2)** Fosfatos **(4)** Sorossilicatos **(5)** Nesossilicatos; alternativa correta **letra C**.

41. (UFMT/SEPLAG - 2022) As gemas em sua grande maioria são minerais de origem inorgânica, que, por sua beleza, raridade e durabilidade, são utilizadas como adorno pessoal, objeto de arte ou ornamento. Sobre a variedade, nomenclatura de gemas minerais e exames técnicos de identificação de pedras preciosas lapidadas, marque V para as afirmativas verdadeiras e F para as falsas.

() Esmeralda, água-marinha, morganita e heliodoro são variedades do mineral berilo.

() Rubi, jade e rubelita são variedades das seguintes espécies minerais: coríndon, turmalina e actinolita, respectivamente.

() Os refratômetros medem o índice de refração das gemas, mas no caso do diamante, que apresenta o índice de refração muito alto, utiliza-se o condutivímetro que mede a condutividade elétrica ou térmica da gema e informa num visor se é diamante, zircônia cúbica ou outra imitação.

() O peso das gemas lapidadas é expresso sempre em quilates (símbolo ct). Um quilate corresponde a 100 miligramas, ou seja, um grama equivale a 10 quilates.

() O pleocroísmo muitas vezes não é perceptível a olho nu em gemas anisotrópicas, razão pela qual utiliza-se, para a identificação dessa propriedade, o equipamento denominado Dicroscópio.

Assinale a sequência correta.

(A) V, F, V, F, V

(B) V, V, F, F, V

(C) F, V, F, V, V

(D) V, F, V, F, F



(E) F, F, V, V, F

Comentários:

(V) Esmeralda, água-marinha, morganita e heliodoro são variedades do mineral berilo.

(F) Rubi, jade e rubelita são variedades das seguintes espécies minerais: coríndon, turmalina e actinolita, respectivamente.

Rubi, Jade e rubelita são variedades do coríndon, anfibólio/piroxênio e turmalina, respectivamente.

(V) Os refratômetros medem o índice de refração das gemas, mas no caso do diamante, que apresenta o índice de refração muito alto, utiliza-se o condutivímetro que mede a condutividade elétrica ou térmica da gema e informa num visor se é diamante, zircônia cúbica ou outra imitação.

O Diamante é um dos minerais que apresenta um dos maiores índices de refração (2,417), enquanto os demais minerais esse índice na faixa de 1,5 a 2. Atualmente, existem refratômetros capazes de medir mesmo os maiores índices de refração dos minerais. No entanto, uma forma muito mais prática e rápida para a identificação do diamante são os condutivímetros termoelétricos, os quais medem as condutividades térmica e elétrica dos diamantes, o que permite distinguir entre diamantes, simulantes e imitações.

(F) O peso das gemas lapidadas é expresso sempre em quilates (símbolo ct). Um quilate corresponde a 100 miligramas, ou seja, um grama equivale a 10 quilates.

No estado bruto, a massa das gemas é indicada em grama, depois de lapidadas é indicada em quilates (1 ct = 0,200g = 200mg). Já a massa do diamante é sempre expressa em quilates (bruto ou lapidado).

(V) O pleocroísmo muitas vezes não é perceptível a olho nu em gemas anisotrópicas, razão pela qual utiliza-se, para a identificação dessa propriedade, o equipamento denominado Dicroscópio.

A alternativa correta e gabarito da questão é a **letra A** (VFVVFV).

42. (FADESP - Perito Criminal PA - 2019) O tratamento que NÃO é utilizado para modificar ou melhorar a cor de gemas tratadas é o/a

(A) térmico.

(B) impregnação.

(C) irradiação.

(D) difusão de óxidos.

(E) implantação iônica por imersão.

Comentários:

(A) **Correta.** O tratamento térmico/aquecimento é utilizado com a finalidade de alterar a cor e/ou a pureza da gema

(B) **Correta.** A impregnação consiste no preenchimento parcial ou total dos poros.

(C) **Correta.** A irradiação é a exposição da gema a qualquer forma de radiação controlada completa ou parcialmente pelo ser humano.

(D) **Correta.** A difusão (de óxidos) consiste no tratamento termoquímico, utilizando alta temperatura e produtos químicos para introduzir, artificialmente, elementos causadores de cor ou de fenômenos ópticos na gema



(E) Incorreta. Implantação iônica por imersão não é um tratamento utilizado para modificar ou melhorar a cor de gemas tratadas.

43. (IBFC/SEAD - 2022) O(a) _____ de um mineral pode ser definido(a) como a(s) forma(s) com a qual o mesmo aparece frequentemente na natureza, por exemplo: como prismas alongados; como cristais tabulares (achatados); como agregados cristalinos com arranjos geométricos característicos; ou mesmo como grãos com forma indefinida. Assinale a alternativa que preencha corretamente a lacuna.

- (A) clivagem
- (C) fratura
- (B) partição
- (D) hábito
- (E) origem

Comentários:

(A) A clivagem consiste na tendência de um mineral de se romper ao longo de planos paralelos. Esses planos em que ocorre a clivagem do mineral representam aqueles em que as ligações responsáveis pela união dos átomos são mais fracas.

(C) A fratura consiste na ruptura de um mineral não segue uma direção particular, ocorre na ausência de superfícies de clivagem ou partição. Isso ocorre quando a força das ligações é aproximadamente igual em todas as direções.

(B) A partição consiste na ruptura de um mineral ao longo de planos específicos, se diferenciando da clivagem pela presença de descontinuidades, ou ausência de uniformidade nos planos de partição. As fraquezas nesses planos resultam de pressão externa ou de defeitos internos.

(D) O hábito de um mineral representa sua forma geral de apresentação, o que, nem sempre, consiste em uma forma cristalina, podendo incluir irregularidades, ou malformações, devido ao crescimento.

(E) A origem de um mineral está relacionada com os processos de formação, os quais podem ser a partir da cristalização, de precipitação, da variação da pressão e temperatura, e de soluções hidrotermais.

A questão trata do hábito do mineral, resposta correta **letra D**.

44. (FUMARC - PC-MG Perito Criminal Geologia- 2021) Todas as alternativas contêm somente minerais silicatos, EXCETO:

- (A) Almandina, Cianita, Titanita, Esfarelita.
- (B) Estauroлита, Turmalina, Termolita, Labradorita.
- (C) Jadeíta, Berilo, Horneblenda, Rodonita.
- (D) Wollastonita, Augita, Piropo, Silimanita.

Comentários:

(A) **Correta**. Almandina ($\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$) - nesossilicato, Cianita cianita (Al_2SiO_5) nesossilicato, Titanita ($\text{CaTiO}(\text{SiO}_4)$) nesossilicato, **Esfarelita (ZnS) sulfeto**.



(B) **Incorreta.** Estauroлита ($\text{Fe}_2\text{Al}_9\text{O}_7(\text{SiO}_4)_4(\text{OH})$) nesossilicato, Turmalina ($(\text{XY}_3\text{Al}_6(\text{BO}_3)_3(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{OH})_4)$) ciclossilicato, Tremolita ($\text{Ca}_2\text{Mg}_5(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$) inossilicato, Labradorita ($(\text{Ca},\text{Na})(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_8$) tectossilicato.

(C) Jadeíta ($\text{Na}(\text{Al},\text{Fe})\text{Si}_2\text{O}_6$) inossilicato, Berilo ($(\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{Si}_6\text{O}_{18}))$) ciclossilicato, Horneblenda ($(\text{Ca},\text{Na})_{2-3}(\text{Mg},\text{Fe},\text{Al})_5\text{Si}_6(\text{Si},\text{Al})_2\text{O}_{22}(\text{OH})_2$) inossilicato, Rodonita ($(\text{Mn},\text{Fe},\text{Mg},\text{Ca})\text{SiO}_3$), inossilicato

(D) Wollastonita (CaSiO_3), Augita ($(\text{Ca},\text{Na})(\text{Mg},\text{Fe},\text{Al},\text{Ti})(\text{Si},\text{Al})_2\text{O}_6$) inossilicato, Piropo ($\text{A}_3\text{B}_2(\text{SiO}_4)$) nesossilicato, Silimanita ($\text{Al}_2(\text{SiO}_5)$) nesossilicato.

Com exceção do mineral esfarelita, todos os demais são silicatos. Por isso a alternativa correta é a **letra A**. A questão, no entanto, foi anulada, possivelmente pelas grafias incorretas dos minerais titanita e tremolita.

45. (IBADE/Prefeitura Municipal de Itapemirim - 2019) O estudo da simetria externa dos cristais é feito com auxílio dos elementos abstratos de simetria (plano, eixos e centro) e as suas respectivas operações de simetria (reflexão, rotação e inversão). Assim, reconhecer a existência de um plano de simetria no cristal é visualizar uma superfície que o corta em duas metades iguais, simétricas. Existe uma propriedade física dos cristais que é a forma geométrica externa natural do mineral, desenvolvida sempre que a cristalização se der sob condições calmas e ideais. Esta propriedade física é denominada:

- (A) clivagem.
- (B) fratura.
- (C) hábito cristalino.
- (D) tenacidade.
- (E) ductibilidade.

Comentários:

(A) **Incorreta.** Clivagem é tendência de um mineral de se romper ao longo de planos paralelos, os quais representam aqueles em que as ligações responsáveis pela união dos átomos são mais fracas.

(B) **Incorreta.** A fratura consiste na ruptura de um mineral quando não há uma direção particular, ou seja, não há superfícies de clivagem ou partição. Isso ocorre quando a força das ligações é aproximadamente igual em todas as direções.

(C) **Correta.** O hábito é a forma geral de apresentação, o que, nem sempre, consiste em uma forma cristalina, podendo incluir irregularidades, ou malformações, devido ao crescimento. A qualidade de formação dos minerais depende das condições e sua formação, como por exemplo, a disponibilidade de espaço e ausência de interferência para seu crescimento.

(D) **Incorreta.** A tenacidade consiste na resistência de um mineral se romper ou se deformar, sendo que tal propriedade está relacionada com as suas ligações internas.

(E) **Incorreta.** A ductibilidade se refere à propriedade que os materiais têm de se deformarem sem se romper quando submetidos a uma tensão.

46. (IBFC/SEPROR - 2018) Os minerais são formados pelo processo de cristalização, que é o crescimento de um sólido a partir de um gás ou líquidos cujos átomos constituintes agrupam-se segundo proporções químicas e arranjos tridimensionais cristalinos adequados. Sobre os processos de



formação de minerais, assinale a alternativa que não representa um processo correto de constituição de minerais.

- (A) Minerais metamórficos, ocorre a recristalização a partir de um sólido.
- (B) Minerais sublimados, ocorre a cristalização a partir de um vapor.
- (C) Minerais formados a partir de soluções, cristalização devido à evaporação.
- (D) Minerais magmáticos, cristalização resulta da diferença de densidade

Comentários:

Os minerais magmáticos são formados a partir do resfriamento do magma, o que ocorre, por exemplo, na série de cristalização fracionada, ou série de Bowen, na qual há a formação dos minerais a partir de uma composição do magma em uma determinada temperatura. A cristalização do magma não depende da diferença de densidade, por isso a **letra D** está incorreta e é o gabarito da questão.

47. (EXATUS/Prefeitura Municipal de Caxias do Sul - 2018) Que mineral relacionado abaixo é um exemplo de um Sulfato?

- (A) FeS_2 .
- (B) CaCO_3 .
- (C) CaSO_4 .
- (D) Fe_2O_3 .

Comentários:

Os sulfatos são um grupo de minerais que apresentam em sua estrutura o radical SO_4^- . Das alternativas, apenas a **alternativa C** apresenta esse radical, sendo o gabarito da questão. FeS_2 (pirita, sulfeto), CaCO_3 (calcita, carbonato), CaSO_4 (anidrita), Fe_2O_3 (hematita, óxido).

48. (EXATUS/Prefeitura Municipal de Caxias do Sul - 2018) Qual dos minerais abaixo pertence ao grupo dos silicatos de alumínio com potássio, sódio e cálcio e mais raramente o bário, sendo que o primeiro tem grande aplicação na indústria da cerâmica e do vidro?

- (A) Feldspato.
- (B) Biotita.
- (C) Berilo.
- (D) Quartzo rosa.

Comentários:

Feldspato (feldspato potássico - $(\text{KNa})(\text{SiAl})_4\text{O}_8$ -feldspato sódico-potássico $(\text{Na,Ca})(\text{SiAl})_4\text{O}_8$ - feldspato de bário - $\text{Ba}(\text{SiAl})_4\text{O}_8$) Biotita $\text{K}(\text{Mg,Fe})_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH,F})_2$, Berilo $(\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18})$, Quartzo (SiO_2) .

Pela composição química dos minerais, percebe-se que a questão se trata do feldspato, sendo a **letra A** a correta e o gabarito da questão.

49. (EXATUS/Prefeitura Municipal de Caxias do Sul - 2018) Minerais do tipo olivinas, são exemplos de:

- (A) Pirossilicatos.
- (B) Metassilicatos.



- (C) Anfibólias.
- (D) Ortossilicatos.

Comentários:

Olivinas (forsterita - $Mg_2(SiO_4)$ e faialita $Fe_2(SiO_4)$) são nesossilicatos ou ortossilicatos, nos quais os tetraedros de SiO_4 se encontram isolados, podendo se unidos a outros elementos como Ca, Mg, Mn e Al. Alternativa correta **letra D**.

50. (EXATUS/Prefeitura Municipal de Caxias do Sul - 2018) São minerais homodésimicos, exceto:

- (A) Halita.
- (B) Grafita.
- (C) Diamante.
- (D) Ouro.

Comentários:

Os minerais podem exibir apenas um tipo de ligação (minerais homodésimicos) ou mais de um tipo de ligação (minerais heterodésimicos).

- (A) **Incorreta.** Halita ($NaCl$) - ligação iônica (mineral homodesmico).
- (B) **Correta.** Grafita (C) - a estrutura é composta de anéis hexagonais de carbono unidos por ligações covalentes, formando planos que se atraem por interações do tipo Van der Waals, o que resulta na baixa dureza e excelente clivagem da grafita (mineral heterodésimico).
- (C) **Incorreta.** Diamante (C) - estrutura composta por unidades repetidas de átomos de carbono unidos a quatro outros átomos de carbono através de ligação covalente, que é o tipo de ligação química mais forte, fornecendo a elevada resistência ao diamante (mineral homodesmico).
- (D) **Incorreta.** Ouro (Au) - formado por ligação metálica (mineral homodesmico).

Gabarito **letra B**.

51. (UFMT/Prefeitura Municipal de Várzea Grande - 2017) Os minerais formadores de rochas são organizados, principalmente de acordo com suas propriedades químicas, em várias classes, destacando-se a classe dos silicatos que constituem a maior e mais importante classe de minerais constituintes das rochas, tendo como exemplo as olivinas, os piroxênios, as micas e os feldspatos. Assinale as classes em que os minerais supracitados pertencem, respectivamente.

- (A) Filossilicatos, tectossilicatos, nesossilicatos e inossilicatos.
- (B) Tectossilicatos, nesossilicatos, inossilicatos e filossilicatos
- (C) Nesossilicatos, inossilicatos, filossilicatos e tectossilicatos.
- (D) Inossilicatos, nesossilicatos, filossilicatos e tectossilicatos.

Comentários:

As olivinas são nesossilicato, os piroxênios são inossilicato, as micas são filossilicato e os feldspatos são tectossilicato. Alternativa correta **letra C**.



52. (IADES/PCDF - 2016) As combinações de formas geométricas mais comuns para o sistema isométrico são as seguintes:

- (A) cubo, romboedro e trapezoedro.
- (B) cubo, octaedro e dodecaedro.
- (C) cubo, escalenoedro e romboedro.
- (D) dodecaedro, romboedro e trapezoedro.
- (E) octaedro, escalenoedro e romboedro.

Comentários:

- (A) **Incorreta**; cubo (isométrico), romboedro (**não isométrico**) e trapezoedro (isométrico).
- (B) **Correta**; cubo (isométrico), octaedro (isométrico) e dodecaedro (isométrico).
- (C) **Incorreta**; cubo (isométrico), escalenoedro (**não isométrico**) e romboedro (**não isométrico**).
- (D) **Incorreta**; dodecaedro (isométrico), romboedro (**não isométrico**) e trapezoedro (isométrico).
- (E) **Incorreta**; octaedro (isométrico), escalenoedro (**não isométrico**) e romboedro (**não isométrico**).

Gabarito **letra B**.

53. (IADES - PCDF Perito Criminal - 2016) O conhecimento específico quanto às propriedades mais importantes das gemas é de valor inestimável para o lapidário, montador de gemas. No que se refere às propriedades físicas e ópticas das gemas, assinale a alternativa correta.

- (A) A escala de Mohs define a textura do mineral ao ser riscado por um objeto pontiagudo.
- (B) A fragmentação de uma gema com um golpe, produzindo superfícies irregulares, é denominada fratura.
- (C) No caso do zircão e do quartzo esfumado, substâncias estranhas são responsáveis pela cor dessas gemas.
- (D) Os índices de refração das gemas variam entre 1,4 e 4,5 e mudam ligeiramente conforme a cor e a particularidade da gema.
- (E) A birrefringência de uma gema consiste na razão numérica entre o maior e o menor índice de refração dela.

Comentários:

- (A) **Incorreta**. A escala de Mohs define a **dureza** do mineral ao ser riscado por um objeto pontiagudo.
- (B) **Correta**. A fratura consiste na ruptura de um mineral não segue uma direção particular, ocorre na ausência de superfícies de clivagem ou partição. Isso ocorre quando a força das ligações é aproximadamente igual em todas as direções.
- (C) **Incorreta**. As cores de gemas como o quartzo fumê ou zircão se deve a oligoelementos, que são elementos presentes como vestígios, como o urânio e o tório.
- (D) **Incorreta**. A hematita é um dos minerais com maior índice de refração (2,940-3,22) e a opala uma das gemas com menor índice de refração (1,370 - 1,520)



(E) **Incorreta**. A birrefringência de uma gema consiste na **razão** numérica entre o maior e o menor índice de refração dela. A birrefringência é a diferença entre o índice de refração do raio ordinário (que se propaga no plano basal) e o extraordinário (que vibra no plano perpendicular ao ordinário), que possuem velocidades diferentes.

54. (IADES/PCDF - 2016) Os principais grupos minerais da crosta são formados por silicatos, óxidos, carbonatos, sulfetos e elementos nativos. Assinale a alternativa que exemplifica cada grupo mineral, seguindo, respectivamente, a ordem dos grupos minerais apresentados.

- (A) Rodocrosita; hematita; rodonita; esfalerita; ouro.
- (B) Quartzo; magnetita; dolomita; galena; corindon.
- (C) Rodonita; corindon; rodocrosita; esfalerita; diamante.
- (D) Piroxênio; pirrotita; calcita; magnetita; grafita.
- (E) Anfibólio; rodocrosita; rodonita; pirrotita; corindon.

Comentários:

(A) **Incorreta**. **Rodocrosita** ($MnCO_3$) carbonato; hematita (Fe_2O_3) óxido; **rodonita** ($(Mn,Fe,Mg,Ca)SiO_3$), inossilicato; esfalerita (ZnS) sulfeto; ouro (Au), elemento nativo.

(B) **Incorreta** Quartzo (SiO_2) tectossilicato; magnetita (Fe_3O_4) óxido; dolomita $CaMg(CO_3)_2$ carbonato, galena (PbS) Sulfeto; **corindon** (Al_2O_3) óxido.

(C) **Correta**. Rodonita ($(Mn,Fe,Mg,Ca)SiO_3$), inossilicato; corindon (Al_2O_3) óxido; rodocrosita($MnCO_3$) carbonato; esfalerita (ZnS) sulfeto; diamante (C) elementos nativos.

(D) **Incorreta** Piroxênio ($Mg,Fe,Ca,Na)(Mg,Fe,Al)(Si_2)O_6$ inossilicato, **pirrotita** (FeS) sulfeto; calcita ($CaCO_3$) carbonato, **magnetita** (Fe_3O_4) óxido; grafita (C) elemento nativo .

(E) **Incorreta** Anfibólio inossilicato, **rodocrosita** ($MnCO_3$) carbonato, **rodonita** ($(Mn,Fe,Mg,Ca)SiO_3$), inossilicato, pirrotita (FeS) sulfeto, corindon (Al_2O_3) óxido.

55. (FGV/Prefeitura Municipal de Florianópolis - 2014) A classificação litológica se baseia na presença e proporção dos chamados minerais primários ou minerais formadores de rocha. Nesse contexto, as classes mineralógicas que são predominantes na crosta terrestre e que servem para a classificação litológica são:

- (A) óxidos e carbonatos;
- (B) silicatos e carbonatos;
- (C) silicatos e aluminossilicatos;
- (D) óxidos e hidróxidos;
- (E) hidróxidos e aluminossilicatos.

Comentários:

A crosta terrestre é composta, predominantemente, por rochas magmáticas e rochas metamórficas. A formação dos minerais das rochas magmáticas se dá por meio do processo denominado como Série de Bowen. Da Série de Bowen, nota-se que os principais minerais formadores das rochas são silicatos e aluminossilicatos, de forma que em termos de elementos químicos, a crosta é formada por por uma



estrutura básica de O_2 , Si e Al, com os interstícios preenchidos pelos elementos Fe, Ca, Mg, Na, K e outros elementos. Gabarito **Letra C**.

56. (CESGRANRIO/Petrobrás - 2014) Os minerais abaixo são minério de cobre, EXCETO

- (A) bornita
- (B) calcopirita
- (C) calcocita
- (D) malaquita
- (E) esfalerita

Comentários:

- (A) **Incorreta**; bornita (Cu_5FeS_4) - sulfeto
- (B) **Incorreta**; calcopirita ($FeCuS_4$) - sulfeto
- (C) **Incorreta**; calcocita (Cu_2S) sulfeto
- (D) **Incorreta**; malaquita ($(Cu_2(CO_3)(OH)_2$) - carbonato
- (E) **Correta**; esfalerita (ZnS) - sulfeto

Gabarito **letra E**

57. (Fundação Universa/PCDF - 2012) Para que um material seja classificado como gema, é preciso que ele apresente três características básicas: beleza, raridade e durabilidade. Acerca dos materiais gemológicos, assinale a alternativa correta.

- (A) Diamantes são formados por dióxidos de carbono e possuem estrutura tetraédrica.
- (B) Diamantes são classificados como portadores de dureza 10 na escala de Mohs.
- (C) Nenhum mineral de quartzo é classificado como gema, pois os quartzos não são raros na natureza.
- (D) Kimberlito é a denominação de um complexo de rochas ígneas conhecidas por serem hospedeiras de esmeraldas.
- (E) Turmalina é conhecida como pedra de mil cores. Turmalinas verdes são denominadas de esmeraldas.

Comentários:

- (A) **Incorreta**. Diamantes são elementos nativos formados por **carbono** e possuem estrutura cristalina formada por uma rede cúbica, em que cada átomo de carbono une outros quatro átomos de carbono em tetraedros regulares.
- (B) **Correta**. Diamantes são classificados como portadores de dureza 10 na escala de Mohs, sendo o mineral de maior dureza.
- (C) **Incorreta**. Ainda que o quartzo seja comum na natureza, várias variedades desse mineral são consideradas como gema, como a Ágata, Ametista e o Citrino.
- (D) **Incorreta**. Kimberlito é a denominação de um complexo de rochas ígneas conhecidas por serem hospedeiras de **diamantes**.
- (E) **Incorreta**. Esmeralda é um tipo de berilo, e não de turmalina.

Gabarito **letra B**.



58. (FUNDAÇÃO UNIVERSA/PCDF - 2012) Feldspatos correspondem a silicatos de alumínio que contêm átomos de potássio, sódio, cálcio e magnésio. A série de feldspato pode ser representada por um diagrama triangular. Com relação a esse mineral, assinale a alternativa correta.

- (A) Ortoclásio, albita e anortita são os minerais que ocupam os vértices do triângulo.
- (B) Ortoclásio é um exemplo de feldspato alcalino.
- (C) Anortita é um exemplo de feldspato potássico.
- (D) Plagioclásios referem-se a uma série de feldspatos sodicopotássicos.
- (E) Feldspatos cristalizam-se em um sistema único, o monoclinico.

Comentários:

- (A) **Correta** Ortoclásio, albita e anortita são os minerais que ocupam os vértices do triângulo, com composições químicas $KAlSi_3O_8$, $NaAlSi_3O_8$ e $CaAl_2Si_2O_8$.
- (B) **Incorreta**. Ortoclásio é um exemplo de feldspato plagioclásio.
- (C) **Incorreta**. Anortita é um exemplo de feldspato plagioclásio.
- (D) **Incorreta**. Plagioclásios referem-se a uma série de feldspatos cálcio-sódio.
- (E) **Incorreta**. Feldspatos cristalizam-se no sistema triclinico e monoclinico.

Gabarito letra A.

59. (CESGRANRIO/Petrobras - 2011) De acordo com o ânion, ou grupo aniônico presente em sua fórmula química, os minerais são divididos em 12 classes, dentre as quais feldspato, calcita, pirita e hematita pertencem, respectivamente, às classes minerais dos

- (A) silicatos, haloides, sulfatos e óxidos.
- (B) silicatos, carbonatos, sulfetos e óxidos.
- (C) óxidos, carbonatos, sulfatos e silicatos.
- (D) óxidos, haloides, sulfetos e silicatos.
- (E) carbonatos, sulfatos, óxidos e sulfetos.

Comentários:

feldspato silicato; tectossilicato, calcita ($CaCO_3$) carbonato, pirita (FeS_2) sulfetos e hematita (Fe_2O_3) óxido.
Gabarito **letra B**.

60. (CESGRANRIO/Petrobras - 2011) Considere as seguintes descrições mineralógicas.

- Mineral de cor preta, brilho vítreo a resinoso, hábito prismático, dureza elevada (7,0 a 7,5), com faces estriadas verticalmente;
- Mineral incolor, hábito prismático terminado por uma combinação de romboedros, dureza 7,0; com fratura conchoidal e faces estriadas horizontalmente.

Essas descrições correspondem, respectivamente, aos seguintes minerais:

- (A) turmalina e berilo.
- (B) turmalina e quartzo.



- (C) estauroлита e quartzo.
- (D) estauroлита e berilo.
- (E) estauroлита e turmalina.

Comentários:

Turmalina: Silicato $(Ca,K,Na)(Al,Fe,Li,Mg,Mn)_3(Al,Cr,Fe,V)_6(BO_3)_3Si_6O_{18}(OH,F)_4$; cores variadas; transparente a opaco; brilho vítreo; acatassolamento; fratura concoidal; não apresenta clivagem; dureza 7-7,5.

Berilo: Silicato $(Be_3Al_2Si_6O_{18})$; hexagonal; hábito prismático alongado; de azul esverdeado ao azul-verde; pleocroísmo fraco a moderado; brilho vítreo; acatassolamento; fratura concoidal; clivagem muito difícil em uma direção; dureza 7,5 - 8.

Quartzo: Silicato (SiO_2) ; hexagonal (trigonal); cores variadas; transparente; brilho vítreo; pleocroísmo fraco a moderado; fratura concoidal de brilho vítreo; não apresenta clivagem, dureza 7.

Estauroлита: Silicato $((Fe,Mg)_2Al_9(Si,Al)_4O_{20}(O,OH)_4)$, cores variadas (azul/marrom/vermelho/amarelo), prismático, monoclinico, simetria pseudo-otorrômbica, geminações na forma de cruz, uma direção de clivagem, fratura subconchoidal.

Características distintivas: mineral preto (turmalina), hábito prismático terminado por uma combinação de romboedros (quartzo)

Com base nas descrições dos minerais, chegamos à alternativa correta, **letra B**, gabarito da questão.

61. (CESGRANRIO/DNPM - 2006) Dentre os minerais apresentados a seguir, aquele que contém o elemento químico B em sua composição é a(o):

- (A) silvita.
- (B) tremolita.
- (C) garnierita.
- (D) turmalina.
- (E) topázio.

Comentários:

Silvita (KCl), halogeneto, tremolita $(Ca_2Mg_5(Si_8O_{22})(OH)_2)$ tectossilicato garnierita (minério de níquel, garnierita é uma denominação dada para uma mistura de mais de seis filossilicatos hidratados de Ni e Mg, em tons variados de verde, não sendo um mineral), turmalina $(XY_3Al_6(BO_3)_3(Si_6O_{18})(OH)_4)$ Topázio $(Al_2(SiO_4)(F,OH)_2)$. Logo, o mineral que possui o elemento químico boro (B) na sua composição é a turmalina. Gabarito **letra D**.



LISTA DE QUESTÕES



CEBRASPE

1. (CEBRASPE/CODEVASF - 2024) Julgue os seguintes itens, referentes à mineralogia.

A calcita é um mineral identificado como biaxial, pois apresenta birrefringência quando a luz passa por seus cristais.

2. (CEBRASPE/CODEVASF - 2024) Julgue os seguintes itens, referentes à mineralogia.

As substâncias não cristalinas, tais como gases, líquidos, vidros e cristais do sistema cúbico, são consideradas isotrópicas.

3. (CEBRASPE/CODEVASF - 2024) Julgue os seguintes itens, referentes à mineralogia.

Os minerais anisotrópicos possuem mais de um índice de refração e são divididos em dois grupos: os monaxiais e os biaxiais.

4. (CEBRASPE/CODEVASF - 2024) Julgue os seguintes itens, referentes à mineralogia.

Todas as substâncias cristalinas são anisotrópicas.

5. (CEBRASPE/ANM - 2022) À medida que diminui a temperatura, a cristalização do magma se caracteriza por um processo contínuo de reação entre os primeiros cristais formados e o material ainda em estado de fusão. Acerca de aspectos em geologia relacionados a esse assunto, a sensoriamento remoto e a processos intempéricos, julgue os itens a seguir.

A suscetibilidade magnética é uma propriedade comum a todos os minerais.

6. (CEBRASPE/PF - 2018) Tendo em vista que as características de minerais e grupos minerais podem ser estudadas e identificadas por meio de métodos simples não destrutivos ou por meio de técnicas analíticas avançadas, e considerando a classificação de Dana, julgue os itens que se seguem, relativos ao grupo olivina, que é formado por minerais ortorrômbicos e monoclinicos ricos em Fe e Mg.

A difusão de Ni em um monocristal do grupo olivina não é igual em todas as direções do cristal.

7. (CEBRASPE/PF - 2018) Tendo em vista que as características de minerais e grupos minerais podem ser estudadas e identificadas por meio de métodos simples não destrutivos ou por meio de técnicas analíticas avançadas, e considerando a classificação de Dana, julgue os itens que se seguem, relativos ao grupo olivina, que é formado por minerais ortorrômbicos e monoclinicos ricos em Fe e Mg.



Grande parte dos componentes do grupo mineral olivina provém de rochas ígneas ultramáficas pobres em álcalis.

8. (CEBRASPE/PF - 2018) Tendo em vista que as características de minerais e grupos minerais podem ser estudadas e identificadas por meio de métodos simples não destrutivos ou por meio de técnicas analíticas avançadas, e considerando a classificação de Dana, julgue os itens que se seguem, relativos ao grupo olivina, que é formado por minerais ortorrômbicos e monoclinicos ricos em Fe e Mg.

Fayalita, um mineral do grupo olivina rico em Mg, apresenta dureza de 6,5 na escala de Mohs, brilho vítreo e fratura conchoidal.

9. (CEBRASPE/PF - 2018) Tendo em vista que as características de minerais e grupos minerais podem ser estudadas e identificadas por meio de métodos simples não destrutivos ou por meio de técnicas analíticas avançadas, e considerando a classificação de Dana, julgue os itens que se seguem, relativos ao grupo olivina, que é formado por minerais ortorrômbicos e monoclinicos ricos em Fe e Mg.

A forsterita pode ser facilmente identificada em um espectro de radiação infravermelha pela diferença de intensidade de picos de energia das ligações de SiO_4 e FeO_6 .

10. (CEBRASPE/PF - 2018) Com relação às propriedades físicas do berilo e às características gemológicas desse grupo de cristais, julgue os itens a seguir.

Berilos são nesossilicatos que se desenvolvem comumente como cristais colunares prismáticos, cujos tetraedros de silício se arranjam em estruturas hexagonais anelares centradas em seu eixo de simetria 6n.

11. (CEBRASPE/PF - 2018) Com relação às propriedades físicas do berilo e às características gemológicas desse grupo de cristais, julgue os itens a seguir.

A variedade azul do berilo é conhecida como morganita. Sua cor característica se deve à presença de Mn na estrutura do mineral, embora Cs e Rb possam fazer parte da sua estrutura como impurezas.

12. (CEBRASPE/PF - 2018) Com relação às propriedades físicas do berilo e às características gemológicas desse grupo de cristais, julgue os itens a seguir.

Podem ser encontrados berilos de diversos tons de amarelo, como, por exemplo, o berilo boca-de-fogo, o berilo heliodoro e o berilo amarelo. Alguns desses minerais apresentam essa tonalidade por conterem traços de óxido de urânio em sua estrutura.

13. (CEBRASPE/PF - 2018) Com relação às propriedades físicas do berilo e às características gemológicas desse grupo de cristais, julgue os itens a seguir.

Nos berilos, podem-se identificar diversos tipos de inclusões, entre as quais, as mais comuns são as inclusões tubulares, que se desenvolvem paralelamente ao eixo vertical do cristal.

14. (CEBRASPE/PF - 2018) Com relação às propriedades físicas do berilo e às características gemológicas desse grupo de cristais, julgue os itens a seguir.

Esmeralda é uma variedade de berilo que apresenta cor verde devido à presença de traços do elemento cromo na sua estrutura.



15. (CEBRASPE/PF - 2013) Com relação à mineralogia, julgue os itens a seguir.

A luz é uma onda transversal que pode ser polarizada de diferentes maneiras. Muitos cristais naturais, quando cortados adequadamente, refletem, absorvem e transmitem luz, podendo ser usados para a obtenção de luz linearmente polarizada.

16. (CEBRASPE/PF - 2013) No que se refere a gemologia, julgue os itens que se seguem.

O mineral coríndon, que pertence ao grupo da hematita e tem como principal característica a dureza 9, apresenta as seguintes variedades de gemas: padparadscha, rubi, rubi astérico, safira, safira astérica e safira com mudança de cor.

17. (CEBRASPE/PF - 2013) No que se refere a gemologia, julgue os itens que se seguem.

O emprego do termo brilhante é adequado para qualificar a lapidação do diamante e do zircão, desde que redondos, sem qualquer descrição adicional do material.

18. (CEBRASPE/PF - 2013) No que se refere a gemologia, julgue os itens que se seguem.

De acordo com as normas técnicas — ABNT, ISO e CIBJO — que regulam o emprego dos termos relacionados aos materiais gemológicos, os termos semipreciosa e preciosa devem ser utilizados para diferenciar cientificamente as gemas.

19. (CEBRASPE/PF - 2013) No que se refere a gemologia, julgue os itens que se seguem.

Os materiais naturais de interesse gemológico são divididos em classes que incluem as denominadas gemas naturais, gemas orgânicas e gemas fossilizadas, sendo o marfim, o âmbar e a pérola exemplos dessas duas últimas.

20. (CEBRASPE/FUB - 2011) A respeito de geologia geral e mineralogia, julgue os itens seguintes.

As propriedades físicas dos minerais, em grande parte, são determinadas pelas ligações químicas, tais como a ligação covalente, que ocorre pelo compartilhamento de elétrons dos orbitais de valência. Os materiais covalentes têm baixa maleabilidade, alto ponto de fusão e alta dureza.

INSTITUTO ADM&TEC

21. (Instituto ADM&TEC/Prefeitura de Rio Largo - 2019 - Adaptada) Julgue o item a seguir a respeito de mineralogia.

A origem de um mineral não possui relação com os compostos químicos ou com as condições de temperatura e pressão, predominante em seu ambiente de formação.

22. (Instituto ADM&TEC/Prefeitura de Rio Largo - 2019 - Adaptada) Julgue o item a seguir a respeito de mineralogia.

Quando o magma, ou a lava, se resfria, os minerais começam a cristalizar e crescer, determinando, desse modo, a composição mineral das rochas sedimentares.

23. (Instituto ADM&TEC/Prefeitura de Rio Largo - 2019 - Adaptada) Julgue o item a seguir a respeito de mineralogia.

Os minerais são produtos consolidados resultantes da união natural de rochas.



24. (Instituto ADM&TEC/Prefeitura de Rio Largo - 2019 - Adaptada) Julgue o item a seguir a respeito de mineralogia.

Os minerais mais comuns das rochas ígneas são os silicatos (quartzo, feldspato, mica etc.).

25. (Instituto ADM&TEC/Prefeitura de Rio Largo - 2019 - Adaptada) Julgue o item a seguir a respeito de mineralogia.

Os minerais são elementos (compostos químicos) com propriedades físicas e químicas definidas.

26. (Instituto ADM&TEC/Prefeitura de Rio Largo - 2019 - Adaptada) Julgue o item a seguir a respeito de mineralogia.

Um fenômeno responsável pela origem de alguns minerais é o resfriamento do magma (lava) que atinge a superfície da Terra.

27. (Instituto ADM&TEC/Prefeitura de Rio Largo - 2019 - Adaptada) Julgue o item a seguir a respeito de mineralogia.

Os Carbonatos são minerais constituídos de carbono e oxigênio, combinados com cálcio e magnésio.

28. (Instituto ADM&TEC/Prefeitura de Rio Largo - 2019 - Adaptada) Julgue o item a seguir a respeito de mineralogia.

O fenômeno de resfriamento do magma (material rochoso fundido) é responsável pela origem de alguns minerais.

29. (Instituto ADM&TEC/Prefeitura de Rio Largo - 2019 - Adaptada) Julgue o item a seguir a respeito de mineralogia.

A gipsita (componente primária do gesso) é um dos minerais mais abundantes do grupo dos Sulfatos.

30. (Instituto ADM&TEC/Prefeitura de Rio Largo - 2019 - Adaptada) Julgue o item a seguir a respeito de mineralogia.

Pertencem ao grupo dos Silicatos os minerais mais abundantes da crosta terrestre, formados por Manganês e Silício.

31. (Instituto ADM&TEC/Prefeitura de Rio Largo - 2019 - Adaptada) Julgue o item a seguir a respeito de mineralogia.

Os minerais do grupo dos óxidos são compostos nos quais o oxigênio é ligado a átomos de outros elementos metálicos.

32. (Instituto ADM&TEC/Prefeitura de Rio Largo - 2019 - Adaptada) Julgue o item a seguir a respeito de mineralogia.

O grupo dos Óxidos inclui minerais que têm grande importância econômica, pois são a matéria-prima para a produção de plástico do tipo PET.

DEMAIS BANCAS



33. (IBFC/PCPR - 2024) O quartzo é o principal mineral do grupo de SiO_2 dos tectossilicatos e, sobre ele, é correto afirmar que possui:

- (A) hábito ortorrômbico
- (B) fratura conchoidal
- (C) clivagem prismática
- (D) cristalografia romboédrica
- (E) dureza 6 na escala de MOHS

34. (IBFC/PCPR - 2024) Em um processo de avaliação de propriedades físicas de um mineral X, que se encontrava bem preservado, um especialista, utilizando a escala de dureza de MOHS observou:

O mineral X riscou a fluorita e não foi riscado por ela.

O ortoclásio riscou o mineral X e não foi riscado por ele.

Considerando os testes de dureza, é correto afirmar que o mineral X possui dureza, na escala de MOHS, na ordem de:

- (A) 3
- (B) 4
- (C) 5
- (D) 6
- (E) 7

35. (IBFC/PCPR - 2024) Na análise de minerais, a propriedade que se baseia em interações entre ondas eletromagnéticas e matéria cristalina para sua determinação é a:

- (A) cor
- (B) densidade
- (C) dureza
- (D) fratura
- (E) clivagem

36. (IBFC/PCPR - 2024) Analise a afirmativa abaixo:

Um mineral é _____ para a luz quando um raio de luz, polarizada ou não, ao penetrar nesse mineral, é refratado igualmente em qualquer direção e, portanto, se desloca sempre com a mesma velocidade dentro do mineral. Um exemplo é _____.

Assinale a alternativa que preencha correta e respectivamente as lacunas.

- (A) anisótropo / a granada
- (B) anisótropo / a esmeralda
- (C) anisótropo / a calcita
- (D) isótropo / o diamante



(E) isótopo / a ametista

37. (CEPUERJ - 2024) Os silicatos são constituídos por um ou mais tetraedros que configuram a fórmula básica SiO_4 e podem formar polímeros. São exemplos de silicatos com estrutura em folha:

- (A) micas e minerais de argila
- (B) piroxênios e anfibólios
- (C) feldspato e quartzo
- (D) olivinas e grafita

38. (IBFC/SEAD - 2022) Segundo a Escala de Dureza de Mohs, a ordem decrescente de dureza dos materiais está correta apenas na alternativa:

- a) diamante, quartzo, topázio e talco
- b) ortoclásio, apatita, quartzo e gipsita
- c) coríndon, calcita, fluorita e talco
- d) ortoclásio, apatita, fluorita e gipsita
- e) diamante, calcita, topázio e coríndon

39. (FEPESE -CASAN - 2022) A composição química é considerada a principal base utilizada para a classificação dos minerais, sendo possível reconhecer 12 classes distintas, as quais dependem do ânion ou grupo aniônico dominante, sendo elas em ordem alfabética: boratos, carbonatos, elementos químicos, fluoretos, fosfatos, haletos, hidróxidos, óxidos, silicatos, sulfatos, sulfetos e tungstatos.

Assinale a alternativa que indica corretamente algumas espécies minerais e suas famílias.

- (A) Os carbonatos apresentam o radical CO_3 , tendo como exemplos a dolomita e a boracita.
- (B) Os sulfatos apresentam o radical SO_4 , tendo como exemplos a anidrita e a scheelita.
- (C) Os sulfetos apresentam o radical S_3 , tendo como exemplos a pirita e a esfalerita.
- (D) Os silicatos apresentam o radical SiO_4 , tendo como exemplos a hornblenda e a gipsita.
- (E) Os hidróxidos são óxidos que apresentam água ou hidroxila, tendo como exemplos a bauxita e a goetita.

40. (UFMT/SEPLAG - 2022) Em Mineralogia, os minerais são divididos em diferentes tipos de classes e subclasses. A coluna da esquerda apresenta uma relação de espécies ou grupos minerais, enquanto que a da direita, classes minerais. Numere a coluna da direita de acordo com a da esquerda.

1. Barita
2. Apatita
3. Fluorita
4. Epidoto



5. Zircão

() Haletos

() Sulfatos

() Fosfatos

() Sorossilicatos

() Nesossilicatos

Marque a sequência correta.

(A) 2, 1, 3, 4, 5

(B) 1, 2, 3, 5, 4

(C) 3, 1, 2, 4, 5

(D) 3, 2, 1, 5, 4

(E) 1, 3, 2, 4, 5

41. (UFMT/SEPLAG - 2022) As gemas em sua grande maioria são minerais de origem inorgânica, que, por sua beleza, raridade e durabilidade, são utilizadas como adorno pessoal, objeto de arte ou ornamento. Sobre a variedade, nomenclatura de gemas minerais e exames técnicos de identificação de pedras preciosas lapidadas, marque V para as afirmativas verdadeiras e F para as falsas.

() Esmeralda, água-marinha, morganita e heliodoro são variedades do mineral berilo.

() Rubi, jade e rubelita são variedades das seguintes espécies minerais: coríndon, turmalina e actinolita, respectivamente.

() Os refratômetros medem o índice de refração das gemas, mas no caso do diamante, que apresenta o índice de refração muito alto, utiliza-se o condutivímetro que mede a condutividade elétrica ou térmica da gema e informa num visor se é diamante, zircônia cúbica ou outra imitação.

() O peso das gemas lapidadas é expresso sempre em quilates (símbolo ct). Um quilate corresponde a 100 miligramas, ou seja, um grama equivale a 10 quilates.

() O pleocroísmo muitas vezes não é perceptível a olho nu em gemas anisotrópicas, razão pela qual utiliza-se, para a identificação dessa propriedade, o equipamento denominado Dicroscópio.

Assinale a sequência correta.

(A) V, F, V, F, V

(B) V, V, F, F, V

(C) F, V, F, V, V

(D) V, F, V, F, F

(E) F, F, V, V, F

42. (FADESP - Perito Criminal PA - 2019) O tratamento que NÃO é utilizado para modificar ou melhorar a cor de gemas tratadas é o/a



- (A) térmico.
- (B) impregnação.
- (C) irradiação.
- (D) difusão de óxidos.
- (E) implantação iônica por imersão.

43. (IBFC/SEAD - 2022) O(a) _____ de um mineral pode ser definido(a) como a(s) forma(s) com a qual o mesmo aparece frequentemente na natureza, por exemplo: como prismas alongados; como cristais tabulares (achatados); como agregados cristalinos com arranjos geométricos característicos; ou mesmo como grãos com forma indefinida. Assinale a alternativa que preencha corretamente a lacuna.

- (A) clivagem
- (C) fratura
- (B) partição
- (D) hábito
- (E) origem

44. (FUMARC - PC-MG Perito Criminal Geologia- 2021) Todas as alternativas contêm somente minerais silicatos, EXCETO:

- (A) Almandina, Cianita, Titania, Esfarelita.
- (B) Estauroлита, Turmalina, Termolita, Labradorita.
- (C) Jadeíta, Berilo, Horneblenda, Rodonita.
- (D) Wollastonita, Augita, Piropo, Silimanita.

45. (IBADE/Prefeitura Municipal de Itapemirim - 2019) O estudo da simetria externa dos cristais é feito com auxílio dos elementos abstratos de simetria (plano, eixos e centro) e as suas respectivas operações de simetria (reflexão, rotação e inversão). Assim, reconhecer a existência de um plano de simetria no cristal é visualizar uma superfície que o corta em duas metades iguais, simétricas. Existe uma propriedade física dos cristais que é a forma geométrica externa natural do mineral, desenvolvida sempre que a cristalização se der sob condições calmas e ideais. Esta propriedade física é denominada:

- (A) clivagem.
- (B) fratura.
- (C) hábito cristalino.
- (D) tenacidade.
- (E) ductibilidade.

46. (IBFC/SEPROR - 2018) Os minerais são formados pelo processo de cristalização, que é o crescimento de um sólido a partir de um gás ou líquidos cujos átomos constituintes agrupam-se



segundo proporções químicas e arranjos tridimensionais cristalinos adequados. Sobre os processos de formação de minerais, assinale a alternativa que não representa um processo correto de constituição de minerais.

- (A) Minerais metamórficos, ocorre a recristalização a partir de um sólido.
- (B) Minerais sublimados, ocorre a cristalização a partir de um vapor.
- (C) Minerais formados a partir de soluções, cristalização devido à evaporação.
- (D) Minerais magmáticos, cristalização resulta da diferença de densidade

47. (EXATUS/Prefeitura Municipal de Caxias do Sul - 2018) Que mineral relacionado abaixo é um exemplo de um Sulfato?

- (A) FeS_2 .
- (B) CaCO_3 .
- (C) CaSO_4 .
- (D) Fe_2O_3 .

48. (EXATUS/Prefeitura Municipal de Caxias do Sul - 2018) Qual dos minerais abaixo pertence ao grupo dos silicatos de alumínio com potássio, sódio e cálcio e mais raramente o bário, sendo que o primeiro tem grande aplicação na indústria da cerâmica e do vidro?

- (A) Feldspato.
- (B) Biotita.
- (C) Berilo.
- (D) Quartzo rosa.

49. (EXATUS/Prefeitura Municipal de Caxias do Sul - 2018) Minerais do tipo olivinas, são exemplos de:

- (A) Pirossilicatos.
- (B) Metassilicatos.
- (C) Anfibólias.
- (D) Ortossilicatos.

50. (EXATUS/Prefeitura Municipal de Caxias do Sul - 2018) São minerais homodésimicos, exceto:

- (A) Halita.
- (B) Grafita.
- (C) Diamante.
- (D) Ouro.

51. (UFMT/Prefeitura Municipal de Várzea Grande - 2017) Os minerais formadores de rochas são organizados, principalmente de acordo com suas propriedades químicas, em várias classes, destacando-se a classe dos silicatos que constituem a maior e mais importante classe de minerais



constituíntes das rochas, tendo como exemplo as olivinas, os piroxênios, as micas e os feldspatos. Assinale as classes em que os minerais supracitados pertencem, respectivamente.

- (A) Filossilicatos, tectossilicatos, nesossilicatos e inossilicatos.
- (B) Tectossilicatos, nesossilicatos, inossilicatos e filossilicatos
- (C) Nesossilicatos, inossilicatos, filossilicatos e tectossilicatos.
- (D) Inossilicatos, nesossilicatos, filossilicatos e tectossilicatos.

52. (IADES/PCDF - 2016) As combinações de formas geométricas mais comuns para o sistema isométrico são as seguintes:

- (A) cubo, romboedro e trapezoedro.
- (B) cubo, octaedro e dodecaedro.
- (C) cubo, escalenoedro e romboedro.
- (D) dodecaedro, romboedro e trapezoedro.
- (E) octaedro, escalenoedro e romboedro.

53. (IADES - PCDF Perito Criminal - 2016) O conhecimento específico quanto às propriedades mais importantes das gemas é de valor inestimável para o lapidário, montador de gemas. No que se refere às propriedades físicas e ópticas das gemas, assinale a alternativa correta.

- (A) A escala de Mohs define a textura do mineral ao ser riscado por um objeto pontiagudo.
- (B) A fragmentação de uma gema com um golpe, produzindo superfícies irregulares, é denominada fratura.
- (C) No caso do zircão e do quartzo esfumado, substâncias estranhas são responsáveis pela cor dessas gemas.
- (D) Os índices de refração das gemas variam entre 1,4 e 4,5 e mudam ligeiramente conforme a cor e a particularidade da gema.
- (E) A birrefringência de uma gema consiste na razão numérica entre o maior e o menor índice de refração dela.

54. (IADES/PCDF - 2016) Os principais grupos minerais da crosta são formados por silicatos, óxidos, carbonatos, sulfetos e elementos nativos. Assinale a alternativa que exemplifica cada grupo mineral, seguindo, respectivamente, a ordem dos grupos minerais apresentados.

- (A) Rodocrosita; hematita; rodonita; esfalerita; ouro.
- (B) Quartzo; magnetita; dolomita; galena; corindon.
- (C) Rodonita; corindon; rodocrosita; esfalerita; diamante.
- (D) Piroxênio; pirrotita; calcita; magnetita; grafita.
- (E) Anfibólio; rodocrosita; rodonita; pirrotita; corindon.

55. (FGV/Prefeitura Municipal de Florianópolis - 2014) A classificação litológica se baseia na presença e proporção dos chamados minerais primários ou minerais formadores de rocha. Nesse contexto,



as classes mineralógicas que são predominantes na crosta terrestre e que servem para a classificação litológica são:

- (A) óxidos e carbonatos;
- (B) silicatos e carbonatos;
- (C) silicatos e aluminossilicatos;
- (D) óxidos e hidróxidos;
- (E) hidróxidos e aluminossilicatos.

56. (CESGRANRIO/Petrobrás - 2014) Os minerais abaixo são minério de cobre, EXCETO

- (A) bornita
- (B) calcopirita
- (C) calcocita
- (D) malaquita
- (E) esfalerita

57. (Fundação Univera/PCDF - 2012) Para que um material seja classificado como gema, é preciso que ele apresente três características básicas: beleza, raridade e durabilidade. Acerca dos materiais gemológicos, assinale a alternativa correta.

- (A) Diamantes são formados por dióxidos de carbono e possuem estrutura tetraédrica.
- (B) Diamantes são classificados como portadores de dureza 10 na escala de Mohs.
- (C) Nenhum mineral de quartzo é classificado como gema, pois os quartzos não são raros na natureza.
- (D) Kimberlito é a denominação de um complexo de rochas ígneas conhecidas por serem hospedeiras de esmeraldas.
- (E) Turmalina é conhecida como pedra de mil cores. Turmalinas verdes são denominadas de esmeraldas.

58. (FUNDAÇÃO UNIVERSA/PCDF - 2012) Feldspatos correspondem a silicatos de alumínio que contêm átomos de potássio, sódio, cálcio e magnésio. A série de feldspato pode ser representada por um diagrama triangular. Com relação a esse mineral, assinale a alternativa correta.

- (A) Ortoclásio, albita e anortita são os minerais que ocupam os vértices do triângulo.
- (B) Ortoclásio é um exemplo de feldspato alcalino.
- (C) Anortita é um exemplo de feldspato potássico.
- (D) Plagioclásios referem-se a uma série de feldspatos sodicopotássicos.
- (E) Feldspatos cristalizam-se em um sistema único, o monoclinico.

59. (CESGRANRIO/Petrobras - 2011) De acordo com o ânion, ou grupo aniônico presente em sua fórmula química, os minerais são divididos em 12 classes, dentre as quais feldspato, calcita, pirita e hematita pertencem, respectivamente, às classes minerais dos

- (A) silicatos, haloides, sulfatos e óxidos.



- (B) silicatos, carbonatos, sulfetos e óxidos.
- (C) óxidos, carbonatos, sulfatos e silicatos.
- (D) óxidos, haloides, sulfetos e silicatos.
- (E) carbonatos, sulfatos, óxidos e sulfetos.

60. (CESGRANRIO/Petrobras - 2011) Considere as seguintes descrições mineralógicas.

- Mineral de cor preta, brilho vítreo a resinoso, hábito prismático, dureza elevada (7,0 a 7 1/2), com faces estriadas verticalmente;
- Mineral incolor, hábito prismático terminado por uma combinação de romboedros, dureza 7,0; com fratura conchoidal e faces estriadas horizontalmente.

Essas descrições correspondem, respectivamente, aos seguintes minerais:

- (A) turmalina e berilo.
- (B) turmalina e quartzo.
- (C) estauroлита e quartzo.
- (D) estauroлита e berilo.
- (E) estauroлита e turmalina.

61. (CESGRANRIO/DNPM - 2006) Dentre os minerais apresentados a seguir, aquele que contém o elemento químico B em sua composição é a(o):

- (A) silvita.
- (B) tremolita.
- (C) garnierita.
- (D) turmalina.
- (E) topázio.



GABARITO

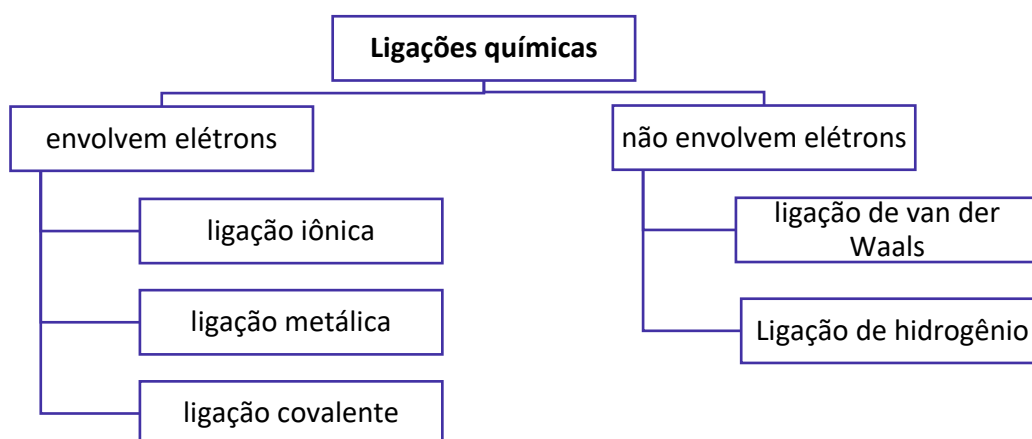
GABARITO



- | | | |
|---------------|---------------|-------------|
| 1. INCORRETA | 22. INCORRETA | 43. LETRA D |
| 2. INCORRETA | 23. INCORRETA | 44. LETRA A |
| 3. CORRETA | 24. CORRETA | 45. LETRA C |
| 4. INCORRETA | 25. CORRETA | 46. LETRA D |
| 5. INCORRETA | 26. CORRETA | 47. LETRA C |
| 6. CORRETA | 27. CORRETA | 48. LETRA A |
| 7. ANULADA | 28. CORRETA | 49. LETRA D |
| 8. INCORRETA | 29. CORRETA | 50. LETRA B |
| 9. INCORRETA | 30. INCORRETA | 51. LETRA C |
| 10. INCORRETA | 31. CORRETA | 52. LETRA B |
| 11. INCORRETA | 32. INCORRETA | 53. LETRA B |
| 12. ANULADA | 33. LETRA B | 54. LETRA C |
| 13. ANULADA | 34. LETRAC | 55. LETRA C |
| 14. CORRETA | 35. LETRA A | 56. LETRA E |
| 15. CORRETA | 36. LETRA E | 57. LETRA B |
| 16. CORRETA | 37. LETRA A | 58. LETRA A |
| 17. INCORRETA | 38. LETRA D | 59. LETRA B |
| 18. INCORRETA | 39. LETRA E | 60. LETRA B |
| 19. ANULADA | 40. LETRA C | 61. LETRA D |
| 20. CORRETA | 41. LETRA A | |
| 21. INCORRETA | 42. LETRA E | |



RESUMO



Propriedade	Tipo de ligação			
	Iônica	Metálica	Covalente	Van der Waals
Força da ligação	Forte	Variável/moderada	Muito forte	Fraca
Mecânica (dureza)	Moderada a alta	Baixa a moderada	Alta	Moles/com plasticidade
Elétrica	Maus condutores	Bons condutores	Isolante	Isolante
Térmica (ponto de fusão)	Moderado a alto	Variável	Alto	Baixo
Solubilidade	Solúveis em solventes polares	Insolúvel, exceto em ácidos ou álcalis por reação química	Muito baixas	Solúvel em solventes orgânicos
Estrutura	Não direcionais; original estruturas de alta coordenação e simetria	Não direcional; estruturas de alta coordenação e simetria	Altamente direcional; estruturas de baixa coordenação e simetria	Não direcional; baixa simetria
Exemplos	Halita, NaCl; Fluorita, CaF ₂ , inúmeros minerais	Cobre, Cu; Prata, Ag; Ouro, O; maioria dos metais	Diamante, C; Esfalerita, ZnS; moléculas de O ₂ moléculas orgânicas; grafita (ligação forte)	Enxofre; Compostos orgânicos; grafita



Classes	Radical
Elementos Nativos	Formados por um único elemento
Sulfetos	Radical S ⁻ (enxofre)
Sulfossais	Pb ²⁺ , Cu ⁺ ou Ag ⁺ , combinados com As ³⁺ , Sb ³⁺ ou Bi ³⁺ e S ⁻
Óxidos e Hidróxidos	O ²⁻ e OH ⁻
Halogenetos	Cl ⁻ , F ⁻ , Br ⁻ e I ⁻
Silicatos	(SiO ₄) ⁴⁻
Sulfatos	(SO ₄) ⁻
Carbonatos	(CO ₃) ⁻
Fosfatos	(PO ₄) ⁻
Nitratos	(NO ₃) ⁻
Boratos	(BO ₃) ⁻
Tungstatos	(WO ₄) ⁻

Grupo	Mineral	Fórmula Química
NESOSSILICATOS	FORSTERITA (OLIVINA)	(Mg ₂ (SiO ₄))
	FAYALITA (OLIVINA)	(Fe ₂ (SiO ₄))
	GRANADA (PIROPO, ALMANDITA, ESPESSARITA, GROSSULÁRIA, ANDRADITA, UVAROVITA)	(A ₃ B ₂ (SiO ₄))
	ZIRCÃO	(Zr(SiO ₄))
	ANDALUZITA	Al ⁽⁶⁾ Al ⁽⁵⁾ O(SiO ₄)
	SILIMANITA	Al ⁽⁶⁾ Al ⁽⁴⁾ O(SiO ₄)
	CIANITA	Al ⁽⁶⁾ Al ⁽⁶⁾ O(SiO ₄)
	TOPÁZIO	(Al ₂ (SiO ₄)(F,OH) ₂)
	ESTAULOLITA	(Fe ₂ Al ₉ O ₇ (SiO ₄) ₄ (OH))
	TITANITA	(CaTiO(SiO ₄))
SOROSSILICATO	EPIDOTO	(Ca ₂ (Al,Fe)Al ₂ O(SiO ₄)(Si ₂ O ₇)(OH))
CICLOSSILICATO	BERILO	(Be ₃ Al ₂ (Si ₆ O ₁₈))
	TURMALINA	(XY ₃ Al ₆ (BO ₃) ₃ (Si ₆ O ₁₈)(OH) ₄)
INOSSILICATO	PIROXÊNIO	(Mg,Fe,Ca,Na)(Mg,Fe,Al)(Si ₂)O ₆
	ANFIBÓLIO (HORNBLENDA)	((Ca,Na) ₂ -3(Mg,Fe,Al) ₅ Si ₆ (Si,Al) ₂ O ₂₂ (OH) ₂)
FILOSSILICATO	TALCO	Mg ₃ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂
	MUSCOVITA	AAI ₂ [Si ₃ AlO ₁₀](OH) ₂
	PARAGONITA	NaAl ₂₂ (Si ₃ Al)O ₁₀ (OH)
	BIOTITA	K(Mg,Fe ²⁺) ₃ [AlSi ₃ O ₁₀](OH,F) ₂
	CAULITA	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄
TECTOSSILICATOS	QUARTZO	SiO ₂
	TRIDMITA	
	CRISTOBALITA	
	OPALA	SiO ₂ .nH ₂ O
	MICROCLÍNIO (FELDSPATO)	K(AlSi ₃ O ₈)
	ORTOCLÁSIO (FELDSPATO)	K(AlSi ₃ O ₈)
	ALBITA (FELDSPATO)	Na(AlSi ₃ O ₈)
	ANORTITA (FELDSPATO)	Ca(Al ₂ Si ₂ O ₈)
	LEUCITA	K(AlSi ₂ O ₆)
	NEFELINA	(Na,K) (AlSiO ₄)



	SODALITA	$\text{Na}_4(\text{AlSiO}_4)_3\text{Cl}$
	LAZURITA	$(\text{Na,Ca})_4(\text{AlSiO}_4)_3(\text{SO}_4,\text{S,Cl})$
SULFETOS	Pirita	FeS_2
	Calcopirita	FeCuS_4
	Galena	PbS
	Esfalerita	ZnS
	Bornita	Cu_5FeS_4
	Calcocita	Cu_2S
	Pirrotita	FeS
HALOGENETOS	Coríndon	Al_2O_3
	Hematita	Fe_2O_3
	Ilmenita	FeTiO_3
	Goethita	HFeO_2
	Espinélio	MgAl_2O_4
	Magnetita	Fe_3O_4
	Cromita	$(\text{Fe,Mg})(\text{Cr,Al})_2\text{O}_4$
HALOGENETOS	Crisoberilo	BeAl_2O_4
	Halita	NaCl
	Fluorita	CaF_2
CARBONATO	Silvita	KCl
	Calcita	CaCO_3
	Dolomita	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
	Magnesita	MgCO_3
	Rodocrosita	MnCO_3
SULFATOS	Malaquita	$\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$
	Barita	BaSO_4
FOSFATO	Gipso	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
	Monazita	Ce, La...PO_4
	Apatita	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F,Cl,OH})$
TUNGSTATO	Turquesa	$\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
	Scheelita	CaWO_4

Propriedades físicas dos minerais

O hábito de um mineral representa sua forma geral de **apresentação**

A **diafanidade** (ou transparência) consiste na quantidade de **luz** que os minerais podem **transmitir**.

O **brilho** consiste na aparência geral de um mineral sob a luz **refletida**. Os brilhos podem ser **metálico**, **não metálico** ou **submetálico** (intermediário entre o metálico e o submetálico).

A **cor** de um mineral é aquela que visualizamos ao observá-lo a **olho nu**.

O **traço** do mineral se refere à cor ao ser **riscado** em uma porcelana branca não vitrificada.

O jogo de cor consiste nos **lampejos** (flashes) brilhantes de cor variada contra um fundo branco ou preto, e ocorre devido a **difração** da **luz**.

Chatoyance consiste numa banda de luz em ângulo reto em relação ao comprimento das fibras ou à direção das inclusões presentes no mineral. O asterismo é o fenômeno presente nos cristais em que as inclusões estão arranjadas em três direções de 120° uma das outras e que, quando cortados, exibem uma estrela de seis pontas.



A **luminescência** consiste na característica que alguns minerais possuem de **absorverem** uma forma de **energia** (térmica, mecânica ou eletromagnética) e posteriormente **emitem** essa energia na forma de **luz**. Essa característica pode se dar pela **fluorescência** e pela **fosforescência**. O mineral **fluorescente** é aquele que emite luz no espectro visível da luz durante sua exposição à **luz ultravioleta**, **raio X** ou raios **catódicos**. O mineral **fosforescente**, por outro lado, é aquele que emite luz mesmo **depois** que os **raios** excitantes são **interrompidos**.

A clivagem consiste na **tendência** de um mineral de se **romper** ao longo de **planos paralelos**. Esses planos em que ocorre a clivagem do mineral representam aqueles em que as **ligações** responsáveis pela união dos átomos são **mais fracas**.

A **partição** consiste na ruptura de um mineral ao longo de **planos específicos**, se diferenciando da clivagem pela presença de **descontinuidades**, ou **ausência** de **uniformidade** nos planos de partição.

A fratura consiste na ruptura de um mineral quando **não segue** uma **direção particular**, ocorre na ausência de superfícies de clivagem ou partição.

A dureza consiste na **resistência** que uma superfície lisa de um mineral oferece ao ser **riscada**, seja por outro mineral ou por objetos como o canivete.

A tenacidade consiste na **resistência** de um mineral se **romper** ou se **deformar**, sendo que tal propriedade está relacionada com as suas ligações internas. Um mineral, em termo de tenacidade, pode ser **quebradiço**, **maleável**, **séctil**, **dúctil**, **flexível** e **elástico**.

A **massa específica** de um mineral consiste na relação entre sua **massa** e seu **volume**. Já a **densidade relativa** (d) de um mineral consiste na razão entre o seu **peso** e o **peso** de um volume igual de **água** a 4°C.

O magnetismo de um mineral está relacionado com a sua capacidade de ser **atraído** ou **repelido** pelos ímãs. Com relação ao magnetismo, os minerais podem ser classificados como **diamagnéticos**, **paramagnéticos** ou **ferromagnéticos**.

A radioatividade é uma característica de minerais que possuem elementos radioativos como o **urânio** e o **tório**.

A **solubilidade** em ácidos consiste na característica que alguns minerais possuem de sofrer **reação** com o **ácido hidrocloreídrico** diluído. Essa propriedade é importante para a identificação de minerais carbonatos, como a calcita. A reação desses minerais com o ácido ocorre com a **liberação** do gás **dióxido de carbono**, produzindo **efervescência**.

As propriedades elétricas incluem a **piezoelectricidade** e a **piezoelectricidade**. Os minerais **piezoeletrícos** são aqueles que adquirem uma **carga elétrica** quando submetidos a uma **pressão** dirigida, tornando-se positivamente carregados em um dos lados e negativamente carregados no outro. Os minerais **piezoeletrícos** são aqueles que **podem** desenvolver uma **carga elétrica** quando **aquecidos**.

Técnicas de investigação dos minerais

As principais técnicas de análises mineralógicas incluem **propriedades óticas**, com o uso da **luz polarizada**, **análises químicas**, utilização de **raios X** (difração de raios X e fluorescência de raios X) e técnicas de **feixe**



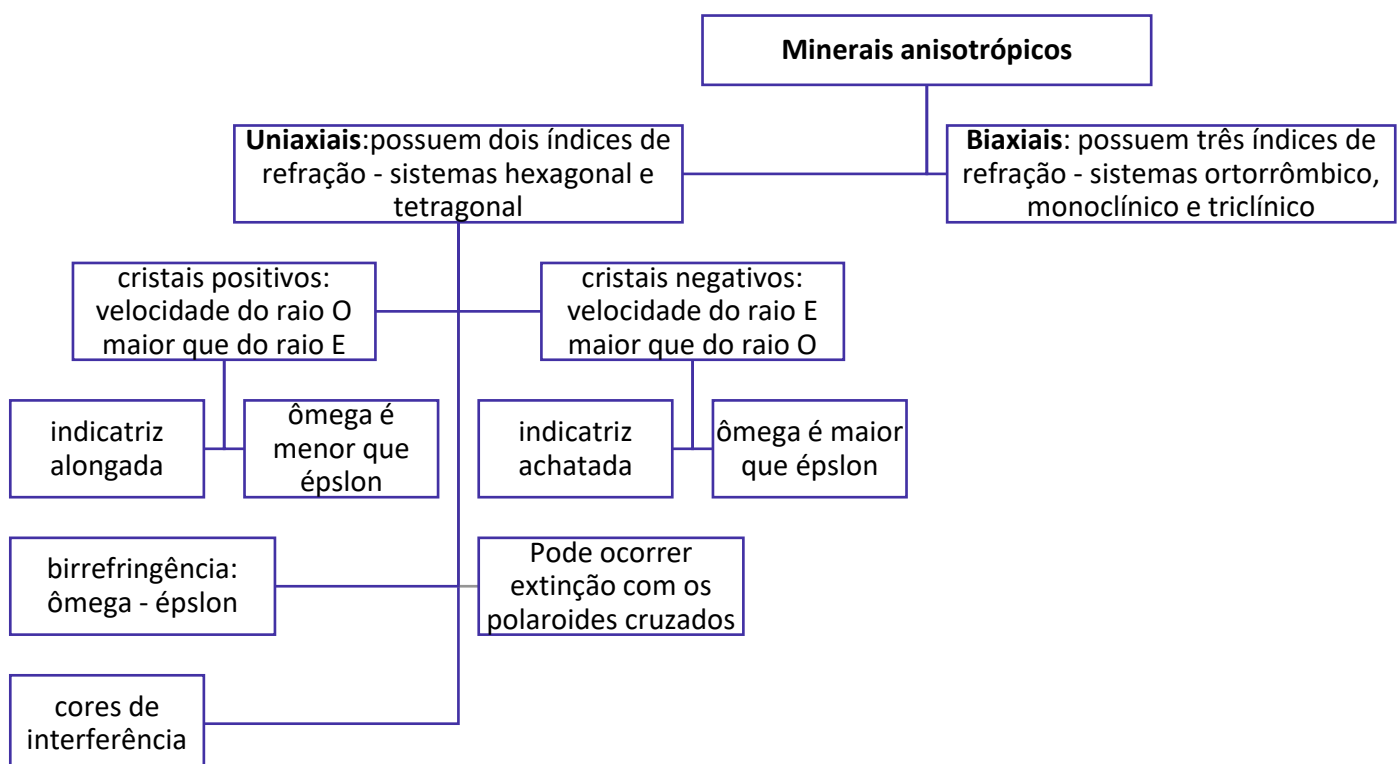
de elétrons (microscópio eletrônico de varredura, microscópio eletrônico de transmissão e análise por microsonda eletrônica).

Os **microscópios** de polarização, ou petrográfico, utilizam dois **filtros polarizadores** para analisar objetos de acordo com a sua **interação** com a **luz**. Eles são os instrumentos utilizados para determinar as **propriedades ópticas** dos minerais.

Os cristais podem ser classificados como **isotrópicos** e **anisotrópicos**. Os cristais **isotrópicos** incluem aqueles do sistema **cúbico** ou **isométricos**, nos quais a **luz** se move em todas as **direções** com a **mesma velocidade** e, por isso, esses cristais possuem apenas **um índice de refração**. Os cristais **anisotrópicos** são todos os **demais** (com exceção daqueles do sistema cúbico), e nesse caso, a **velocidade** da luz **varia** dependendo da **direção cristalográfica** em que se desloca, e, por isso, apresentam **mais de um índice de refração**.

Uma das formas de **distinguir** os minerais **isotrópicos** dos **anisotrópicos** é o uso das duas lentes **polarizador** e **analisador**. Ao utilizar as duas lentes, os minerais **isotrópicos** serão **extintos** (o campo de observação do microscópio fica preto), isso porque a luz polarizada atravessa o mineral isotrópico e vibra no mesmo plano (**N-S**). No entanto, o **analisador** apenas permite a passagem da luz que vibra na **direção E-W**. A determinação do **índice de refração** de um mineral **isotrópico** pode ser realizada por meio do método de imersão ou da **linha de Becke**.

Os cristais anisotrópicos podem ser uniaxiais (**monoaxiais**) (quando possuem dois índices de refração) ou biaxiais (quando possuem três índices de refração). Nos cristais **uniaxiais**, quando a **luz** se desloca em uma direção que **não** seja **paralela** ao **eixo c**, ela se **divide** em dois raios de luz (raio **ordinário**, **O**, e raio **extraordinário**, **E**), que se propagam com **velocidades diferentes**. Em virtude das diferentes velocidades dos raios O e E, esses cristais possuem **diferentes índices de refração**. A diferença entre os índices de refração relacionados aos raios ordinários e extraordinários é denominada de **birrefringência**.



As técnicas de **difração de raios X** são empregadas para a análise de **estruturas cristalinas**, são de **rápido** e **baixo custo**, sendo importante no estudo de minerais que estão numa **granulometria muito fina** para serem avaliados por microscopia óptica, como os membros dos **argilominerais** e das **zeolitas**. O **difratômetro de raios X** registra a informação sobre as **reflexões** como **contagens eletrônicas**, que são armazenados **graficamente**. O **difratograma** é o gráfico que relaciona a **intensidade** dos efeitos da difração com o **dobro do ângulo (θ)** com o qual ocorre a reflexão (espaçamento interplano). A **identificação** mineral é feita por meio de uma técnica de **procura** com o computador, em que o **padrão** de difração obtido para uma amostra desconhecida é **comparado** com **registros** armazenados no Arquivo de Difração de Pó, publicado pelo Centro Internacional de Dados para Difração.

A análise por **fluorescência de raios X** (frx), também denominada de espectrografia por emissão de raios X é utilizada no estudo da química das substâncias **inorgânicas**, para a qualificação da **composição química** das rochas. Um dispositivo eletrônico faz o **registro da intensidade** da posição de cada **linha** espectral difratada pelo cristal por meio de um **gráfico**. As linhas espectrais são identificadas e atribuídas aos **elementos** responsáveis por sua emissão, permitindo uma análise **qualitativa** da **fluorescência de raios X**. A comparação das intensidades dos raios X (intensidade de pico e de fundo) obtidos com a dos **mineralógicos** possibilita uma análise **quantitativa** dos materiais. A análise quantitativa permite a determinação dos elementos maiores além dos elementos traço.

As análises mineralógicas com o **microscópio eletrônico de varredura** (MEV) são utilizadas para obtenção de informações sobre as **feições morfológicas superficiais** de materiais na escala **micrométrica**. As imagens obtidas no MEV são de **alta definição**. Com o emprego dessa técnica, torna-se possível caracterizar **zoneamento químico** ou **frentes de reação** do cristal. Além disso, é possível obter informações químicas **qualitativas**, o que permite **identificar** os **minerais**.

A técnica de **Microscópio Eletrônico de Transmissão** (MET) permite uma avaliação **textural, cristalográfica e química** de **áreas muito pequenas** (nanômetro quadrado), incluindo **intercrescimentos** de padrões de **exsolução** em minerais, de empilhamento de politipos e defeitos estruturais. Por meio dessa técnica, é possível identificar feições estruturais com escalas de dimensões de **100 a 10.000 Å**, o que não pode ser avaliado por técnicas de difração de raios X (análises do átomo na escala de 1 a 100 Å).

As análises mineralógicas por meio da **Microssonda Eletrônica** consistem em uma técnica **microanalítica** que mede, **in situ**, a composição química de cerca de **1-3 μm^3 de volume** do mineral. Nesse tipo de equipamento, o feixe de elétrons é dirigido de forma **estacionária** no **grão mineral** específico. A análise com ME fornecem dados **qualitativos** e **quantitativos**. Enquanto a análise **qualitativa** é feita de forma **rápida**, a análise **quantitativa** envolve processos mais complexos. Com a aplicação da Microssonda Eletrônica, é possível detectar **zoneamento e heterogeneidades químicas**, a partir dos quais, torna-se possível definir parâmetros de **pressão** e **temperatura** do momento da formação do mineral. A Figura 13 ilustra um tipo de Microssonda Eletrônica.



ESSA LEI TODO MUNDO CONHECE: PIRATARIA É CRIME.

Mas é sempre bom revisar o porquê e como você pode ser prejudicado com essa prática.



1 Professor investe seu tempo para elaborar os cursos e o site os coloca à venda.



2 Pirata divulga ilicitamente (grupos de rateio), utilizando-se do anonimato, nomes falsos ou laranjas (geralmente o pirata se anuncia como formador de "grupos solidários" de rateio que não visam lucro).



3 Pirata cria alunos fake praticando falsidade ideológica, comprando cursos do site em nome de pessoas aleatórias (usando nome, CPF, endereço e telefone de terceiros sem autorização).



4 Pirata compra, muitas vezes, clonando cartões de crédito (por vezes o sistema anti-fraude não consegue identificar o golpe a tempo).



5 Pirata fere os Termos de Uso, adultera as aulas e retira a identificação dos arquivos PDF (justamente porque a atividade é ilegal e ele não quer que seus fakes sejam identificados).



6 Pirata revende as aulas protegidas por direitos autorais, praticando concorrência desleal e em flagrante desrespeito à Lei de Direitos Autorais (Lei 9.610/98).



7 Concurseiro(a) desinformado participa de rateio, achando que nada disso está acontecendo e esperando se tornar servidor público para exigir o cumprimento das leis.



8 O professor que elaborou o curso não ganha nada, o site não recebe nada, e a pessoa que praticou todos os ilícitos anteriores (pirata) fica com o lucro.



Deixando de lado esse mar de sujeira, aproveitamos para agradecer a todos que adquirem os cursos honestamente e permitem que o site continue existindo.