

INICIAÇÃO CIENTÍFICA
Volume 50

Quarta edição

DETERMINAÇÃO DE MINERAIS

VIKTOR LEINZ
Professor Catedrático da Universidade de São Paulo

JOÃO ERNESTO DE SOUZA CAMPOS
Ex-Professor Assistente de Mineralogia da Faculdade de Filosofia,
Ciências e Letras da Universidade de São Paulo

Guia para

DETERMINAÇÃO DE MINERAIS

décima primeira edição

COMPANHIA EDITORA NACIONAL

A relação completa das obras
publicadas nesta série
encontra-se no fim deste volume.

De VIKTOR LEINZ

Publicados por esta Editora:

Geologia Geral (em colaboração com Sérgio E. do Amaral), 7.^a edição, 1978.

Vocabulário Geológico (em colaboração com José Camargo Mendes), 3.^a edição, 1963.

Glossário Geológico (em colaboração com Othon H. Leonardos), 2.^a edição, 1977.

De JOÃO ERNESTO DE SOUZA CAMPOS:

As pedras preciosas (em colaboração com Rui Ribeiro Franco), 1965, edição da Dominus Editora S. A.

A quarta edição deste livro foi publicada em convênio com a

EDITORA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Capes: HANIEL

Direitos para a língua portuguesa adquiridos pela

COMPANHIA EDITORA NACIONAL

Distribuição e promoção:

Rua Joffe, 294 - Fone: 291-2333 (PABX)

Caixa Postal 5.312 - CEP 03016 - São Paulo, SP - Brasil

1991

Impresso no Brasil

LANÇADAS AVULSAS ALTERNATIVAS

SUMÁRIO

Homenagem póstuma.....	XIII
1 Instrução para o uso do guia.....	1
I — INTRODUÇÃO.....	3
II — PROPRIEDADES MORFOLÓGICAS.....	4
III — PROPRIEDADES FÍSICAS.....	5
Dureza.....	5
Peso específico.....	5
Tronço.....	6
Clivagem.....	6
Fratura.....	6
Tenacidade.....	6
Flexibilidade.....	6
Fusibilidade.....	6
Propriedades óticas.....	7
Brilho.....	7
Cor.....	8
Transparência.....	9
IV — PROPRIEDADES QUÍMICAS.....	10
Instrumentos.....	10
1 — Principais reagentes.....	11
2 — Enxofre pirrogênico.....	12
3 — Natureza e uso da étnama.....	13
4 — Aquecimento em pinças de metal.....	17

B) Aquecimento em tubos fechados.....	18
C) Aquecimento em tubos abertos.....	19
D) Aquecimento no curvilo.....	19
a) Desprendimento de odores.....	19
b) Sublimados.....	20
c) Formação de glóbulos metálicos e massas magnéticas.....	20
d) Reação alcalina.....	20
e) Reação Hepar.....	21
K) Tratamento com nitrato de cobalto.....	21
F) Fusão com fluxos em fios de platina (pérolas).....	22
C) Fusão.....	23
2 — <i>Exercícios práticos (sua escolha)</i>	23
A) Grau de solubilidade.....	23
B) Reagentes que acompanham a solubilidade.....	24
C) Precipitados obtidos por reagentes.....	25
D) Reconhecimento dos principais ânions para identificação de minerais.....	27
E) Reconhecimento dos principais cátions para identificação de minerais.....	29
V — TABELA DE DETERMINAÇÃO DE MINERAIS (tabelas gerais)	
<i>Minerais de brilho metálico</i>	
Cor: branco-cinzaento.....	
preto-cinzaento.....	36 a 41
vermelho.....	40 a 47
amarelo.....	46-47
amarelo.....	48-49
<i>Minerais de brilho não-metálico</i>	
Traços: preto ou castanho.....	
amarelo.....	50 a 53
vermelho.....	52 a 57
verde ou azul.....	58 a 59
incolor:	58 a 61
a) de dureza baixa.....	60 a 65
b) de dureza média.....	64 a 71
c) de dureza alta.....	70 a 81

VI — TABELAS ESPECÍFICAS:	
1 — Tabela de dureza dos minerais do Guia.....	82
2 — Tabela do peso específico dos minerais do Guia.....	84
3 — Tabela para a cor do traço dos minerais do Guia.....	87
4 — Tabela de índices de refração dos minerais do Guia.....	91
5 — Quadro para determinação do sinal óptico.....	96
6 — Tabela de coloração da chama.....	97
7 — Tabela de alteração de cor por aquecimento em tubo fechado.....	98
8 — Tabela de sublimados obtidos em tubo fechado.....	99
9 — Tabela de sublimados obtidos em tubo aberto.....	100
10 — Tabela de sublimados obtidos por aquecimento sobre o curvilo.....	101
11 — Tabela das pérolas obtidas por fusão com bórax no fio de platina.....	102
12 — Tabela das pérolas obtidas pela fusão com pó de fosforo.....	103
13 — Tabela de solubilidade:	
A) minerais solúveis em HCl.....	104
B) minerais solúveis em HNO ₃	108
C) minerais solúveis em H ₂ SO ₄	110
D) minerais solúveis em água-regia.....	111
E) minerais insolúveis em ácidos.....	112
VII — <i>Minerais de urânio e tório</i> (Max G. Wherry)	
1 — Considerações gerais.....	114
2 — Tabela determinativa de minerais de urânio e tório.....	115
3 — Ensaio pirotérmico para urânio e tório.....	116
4 — Lista de minerais de urânio e tório segundo a cor.....	117
5 — Lista de minerais de urânio e tório segundo a cor e a intensidade da fluorescência.....	118
6 — Lista de minerais de urânio e tório segundo propriedades ópticas.....	119
7 — Tabelas gerais de minerais de urânio e tório.....	120
8 — Notas sobre kunitz, metá, microclita-pírceloro, monazita, pschledend, tyuyamunita.....	124

HOMENAGEM PÓSTUMA

a

JOÃO ERNESTO DE SOUZA CAMPOS

Ao publicar a 4.ª edição deste *Guia para determinação de minerais*, sentimos ainda mais a ausência do nosso co-autor, Prof. Dr. João Ernesto de Souza Campos, que no início de 1965 faleceu tão prematuramente. Era o Professor João Ernesto um grande e entusiasta conhecedor do reino mineral, dedicado ao ensino e à sua melhoria. Foi nosso amigo durante muitos anos e excelente colaborador, com a sua peculiar dedicação e grande perseverança.

Descendente de ilustres bandeirantes e nascido entre grandes e valorosas figuras do nosso Estado, soube manter a sua fidalguia em todos os setores onde apareceu, quer na Universidade, quer nos ambientes sociais. Caracterizaram sua personalidade o brilhantismo, a imensa simpatia, a modéstia e a bondade.

Assim, dedicamos ao nosso saudoso amigo João Ernesto de Souza Campos esta edição, com sincera homenagem e agradecimento.

VIKTOR LANTZ

São Paulo, outubro de 1965

VIII — TABELAS PARA DETERMINAÇÃO DE PEDRAS PRECIOSAS

1 — Incolor; transparente.....	137
2 — Azul-esverdeado, azul-claro, azul-escuro; transparente e translúcido.....	138
3 — Verde-amarelado, verde; transparente e translúcido-opaco.....	139
4 — Amarelho, amarelho-esverdeado, amarelho-castanho; transparente.....	141
5 — Amarelho-escuro, amarelho-vermelho; transparente.....	142
6 — Vermelho, vermelho-castanho; transparente e translúcido.....	143
7 — Roxo, lilás, vermelho-púrpura, róseo; transparente.....	144
<i>Bibliografia</i>	145
<i>Índice dos sistemas constantes do Guia</i>	145

INSTRUÇÃO PARA O USO DO GUIA

O presente guia de determinação de minerais compõe-se de diversas tabelas relativas aos respectivos caracteres dos minerais e de uma parte introdutória contendo as explicações básicas. Os passos que deverão ser dados na determinação de um mineral são os seguintes:

Em primeiro lugar, obtém-se uma fratura fresca a fim de ser examinada a natureza do brilho e a cor do mineral. Em se tratando de brilho metálico, há quatro alternativas — o mineral poderá ser:

- branco-cinzaento..... págs. 38-41
- preto-cinzaento..... págs. 40-47
- vermelho..... págs. 46-47
- amarelo..... págs. 48-49

Se o brilho não-metálico, deve ser observada a cor do traço do mineral na porcelana. As alternativas são as seguintes — o mineral poderá apresentar:

- traço preto ou castanho..... págs. 50-53
- traço amarelo..... págs. 52-57
- traço vermelho..... págs. 56-59
- traço verde ou azul..... págs. 58-61
- traço incolor..... págs. 60-81

Neste caso deve ser avaliada aproximadamente a dureza do mineral, segundo instruções da pág. 5. O mineral poderá apresentar:

- dureza baixa (menor que 3)..... págs. 60-65
- dureza média (menor que 5)..... págs. 64-71
- dureza alta (maior que 5)..... págs. 70-81

No caso destes primeiros dados coincidirem com dois ou mais minerais, deverá ser feito ou um ensaio pirogênético ou a determinação da densidade ou dos caracteres ópticos, dependendo do que for mais adequado para a classificação do mineral em estudo.

I — Introdução

O presente *Guia*, em sua 8.ª edição, revista, resulta de uma refusão das *Tabelas de determinações de minerais*, publicadas por um dos autores, Viktor Linnx, no ano de 1938. Destina-se, principalmente, aos estudiosos de Mineralogia e Geologia e aos professores secundários de História Natural e de Ciências, especialmente no que tange à organização e classificação de amostras de Museu. Para satisfazer a esses objetivos, e obedecendo a critério didático, são aqui feitas várias alterações não só no que concerne aos vários métodos de Mineralogia determinativa como, quanto possível, às espécies minerais mais comuns e características cujas amostras poderão estar à mão dos leitores. Abandonando espécies que só excepcionalmente poderiam interessar os leitores (os quais, nessas circunstâncias, poderão consultar trabalhos especializados mais completos sobre o assunto), pensamos atingir o nosso objetivo, que é o de fornecer aos interessados através de métodos relativamente simples, contidos neste *Guia*, a oportunidade de rápida identificação das espécies minerais mais frequentes.

A mineralogia determinativa tem seu âmbito tanto mais amplo quanto maiores os recursos técnicos de que podem dispor com eficiência os que procuram identificar as espécies minerais. Assim, todos os processos, sejam eles morfológicos, físicos ou químicos, inclusive os que exigem maior aparelhamento, técnica mais apurada e conhecimentos mais amplos, como a *roentgenografia*, a análise química quantitativa, a análise espectrográfica, não só podem como devem, dentro dos limites da exequibilidade, ser postos a serviço da determinação das

espécies minerais, naturalmente de acordo com as exigências e interesse que possam apresentar.

Para complementar o *Guia*, foi ele acrescido de uma parte constante de tabelas de solubilidade de minerais e de reconhecimento dos principais ânions e cátions e relativas à determinação de minerais radioativos.

Assim, é a presente edição enriquecida com um *anexo* relacionado com o reconhecimento de minerais de urânio e tório, de autoria do Prof. Max G. WHITE (1916-1975).

Os autores agradecem essa colaboração do Prof. WHITE, que durante o ano de 1959 trabalhou no Departamento de Geologia e Paleontologia. Gratos são também ao U. S. Geological Survey, que autorizou a publicação do anexo em tela. Nesta edição adicionamos tabelas simples para determinação das principais pedras preciosas.

São aqui esquematizadas as principais propriedades que devem ser consideradas e cujo conhecimento pode ser ampliado através da literatura específica.

<i>Propriedades morfológicas</i>	{ Hábitos, simetria (sistema e classe) Associações de minerais (geminação, agrupamentos, etc.)
<i>Propriedades físicas</i>	{ Peso específico Dureza, fratura, clivagem, densidade, flexibilidade, traço, fusibilidade, propriedades ópticas
<i>Propriedades químicas</i>	{ Enxofos (pirognósticos e por via úmida)

II — *Propriedades morfológicas*

Além dos cristais perfeitos cuja simetria se pode com certa facilidade determinar — o que muito auxilia no reconhecimento dos minerais — deve-se levar em consideração que muitas espécies minerais podem formar agregados colunares, lamelares ou granulares. As formas imitativas assumidas por

conhecões como: reniforme, botrioidal, mamelonar, globular, nodular, anguloidal, coralíde, dendrítica, musciforme, filiforme, acicular, drusiforme, estalactítica, etc., podem ser de grande utilidade no reconhecimento das espécies. De outro lado, os geminados e outros tipos de agrupamentos muitas vezes servem como importantes características no reconhecimento de muitos minerais.

Sempre que possível e em cristais bem formados as medidas angulares em gonímetros de aplicação 0, se realizável, de reflexão, fornecem dados importantíssimos à mineralogia determinativa. Esses dados podem ser consultados em livros como por exemplo: ДАХА, *Manual de Mineralogia*, vols. I e II (versão portuguesa). КЛОСКИН и РАМОНЕ, *Tratado de Mineralogia*. R. R. FАЛКО и J. E. SOUZA САНТОС, *As pedras preciosas*, etc.

III — *Propriedades físicas*

Dureza — É a resistência ao risco. A dureza relativa é dada pela escala de Mohs:

1.º) Talco	} podem ser riscados pela unha
2.º) Gipso	
3.º) Calcita	} podem ser riscados pelo canivete e pelo vidro
4.º) Fluorita	
5.º) Apatita	
6.º) Ortoclásio	} não são riscados pelo canivete; riscam o vidro
7.º) Quartzo	
8.º) Topázio	
9.º) Corundum	
10.º) Diamante	

A página 82 é dada uma tabela de minerais mais frequentes e na ordem crescente de dureza.

Peso específico — O peso específico ou densidade relativa constitui uma das propriedades físicas mais importantes na determinação dos minerais. A página 84 é dada uma tabela dos pesos específicos dos minerais mais frequentes e em ordem crescente.

Traço — Propriedade de deixar traço sobre uma superfície despolida de porcelana dura. Baseia-se na cor do pó do mineral. É uma característica muito importante na identificação de minerais, especialmente os que apresentam brilho metálico e os coloridos. A página 87 encontra-se uma tabela para a cor do traço dos minerais do *Guia*.

Clivagem — Pode ser $\left\{ \begin{array}{l} \text{perfeita (feldspatos)} \\ \text{distinta (fluorita)} \\ \text{indistinta (apatita, pirrotita)} \end{array} \right.$

Fratura — Há minerais que sofrem fraturas mais ou menos irregulares que podem ser caracterizadas:

Concoidal — em concavidades mais ou menos profundas.

Igual ou plana — quando a superfície, embora apresentando pequenas elevações e depressões, aproxima-se de um plano.

Desigual ou irregular — com superfície (de fratura) irregular

Tenacidade — Resistência ao choque de um martelo ou ao corte de uma lâmina de aço.

1) **Quebradiços ou friáveis**: reduzem-se a pó quando submetidos a pressão. Exemplo: calcita.

2) **Sécteis**: podem ser cortados por uma lâmina. Exemplo: gesso.

3) **Maldáveis**: reduzem-se a lâminas pelo martelo. Exemplo: ouro.

Flexibilidade — Propriedade que apresentam os minerais de sofrerem deformações.

a) **elásticos** — Exemplo: mica

b) **plásticos** — Exemplo: talco

Fusibilidade — A maior ou menor facilidade pela qual um mineral sofre fusão pelo calor. Os graus de fusão são dados pela escala de von Kobell:

- 1) Estibnita — 525°C
- 2) Natrolita — 965°C (ou calcopirita — 800°C)
- 3) Granada almandina — 1.050°C

- 4) Actinolita — 1.296°C
- 5) Ortoclásio — 1.300°C
- 6) Bronzita — 1.400°C
- 7) Quartzo — acima de 1.400°C

1) **Estibnita** — Funde facilmente na chama (mesmo de uma vela) e no tubo fechado.

2) **Calcopirita** — Funde facilmente ao magarico, mas dificilmente à chama do bico de Bunsen ou no tubo fechado (no qual sofre crepitação).

3) **Gronzela almandina** — Funde facilmente ao magarico, mas é infusível na chama do bico de Bunsen ou no tubo fechado. As lascas mais finas são apenas arredondadas nas pontas na chama do bico de Bunsen.

4) **Actinolita** — As extremidades mais delgadas fundem facilmente ao magarico, o mesmo não ocorrendo com as massas maiores, que só dificilmente se fundem.

5) **Ortoclásio** — Funde nas extremidades com dificuldade em presença do magarico. As massas maiores não sofrem fusão.

6) **Bronzita** — Funde e se torna arredondada somente nas extremidades mais finas em presença da chama do magarico.

7) **Quartzo** — Infusível.

PROPRIEDADES ÓPTICAS

Brilho — O brilho pode ser: metálico, adamantino, vítreo, perláceo, resinoso, sedoso, etc. ou ainda, por exemplo: resinoso-adamantino, metálico-adamantino, etc. e pode exibir diferentes graus de intensidade, como: resplandecente, brilhante, cintilante, brilho fraco, fosco. No *Guia*, entretanto, para maior facilidade de consulta consideram-se apenas dois tipos: **metálico** e **não-metálico**. Tanto a cor como o brilho devem ser observados na *fratura fresca*, pois em numerosos casos formam-se películas de alteração que modificam esses aspectos.

Cor — A cor dos minerais é um caráter importante em sua determinação. A cor de uma substância depende da absorção seletiva da luz por ela transmitida ou refletida. Assim, por exemplo, um mineral que apresenta cor verde absorve todos os comprimentos de onda do espectro com exclusão dos que associados dão a sensação de verde. Wegner considera como fundamentais as seguintes cores dos minerais: *branco, cinza, preto, azul, verde, amarelo, vermelho e castanho*. Deve-se assinalar, entretanto, que ocorrem nos minerais várias tonalidades de cores das quais são citados os seguintes exemplos:

a) *entre as cores de minerais metálicos:*

vermelho-cobre; ex.: cobre nativo.
 amarelo-bronze; ex.: pirrotita.
 amarelo-latto; ex.: pirita.
 amarelo-ouro; ex.: ouro nativo.
 branco-argênteo; ex.: prata nativa; arsenopirita.
 branco-estanho; ex.: mercúrio; cobaltita.
 branco-plúmbeo; ex.: galena, molibdenita, etc.

b) *entre as cores de minerais não-metálicos:*

preto-esverdeado; ex.: augita.
 azul-celeste; ex.: lazulita.
 azul-da-prússia; ex.: cyanita.
 azul-indigo; ex.: indicolita (turmalina azul).
 verde-esmeralda; ex.: esmeralda.
 verde-maçã; ex.: garnierita.
 amarelo-citrino; ex.: enxofre.
 amarelo-vinho; ex.: topázio.
 amarelo-laranjaado; ex.: ouropigmento.
 vermelho-aurora; ex.: realgar.
 vermelho-escarlata; ex.: cinábrio.
 vermelho-carna; ex.: feldspato.
 vermelho-oreja; ex.: espinélio.
 vermelho-acastanhado; ex.: limonita.
 orelhão-avermelhado; ex.: xiroto, etc.

A cor dos minerais, especialmente dos que apresentam brilho metálico, deve ser sempre observada na *fratura fresca*,

pois em geral sua superfície exposta ao ar se transforma, formando-se pelúculas de alteração.

Entre os minerais de brilho não-metálico devem-se distinguir os *idiocromáticos*, isto é, de cor própria, constante, que depende da composição química como: enxofre (amarelo), cinábrio (vermelho-escarlata), malaquita (verde), azurita (azul), etc. e os *alocromáticos*, isto é, de cor variável com a composição química ou com a presença de impurezas. São estes minerais *acróicos*, isto é, incolores, quando puros, podendo entretanto apresentar colorações diversas ou pelas variações de composição química ou devido à presença de impurezas diversas ou ainda a causas de natureza física. São bem nítidos os seguintes exemplos:

PEROTITA: incolor, amarelo, róseo, verde ou violeta.

TURMALINA: incolor (acrotita); róseo (rubelita); verde (esmeralda brasileira); amarelo-mel (peridoto do Cêdo); azul (indicolita) e preto (gfristo).

BERILO: incolor, verde (esmeralda); azul-esverdeado ou azul (água-marinha); amarelo (heliodoro); róseo (morganita).

QUARTZO: incolor (cristal de rocha); amarelo (quartzo citrino); róseo (quartzo róseo); verde (quartzo praso); violeta (quartzo ametista) etc.

Conclui-se, portanto, que embora a cor represente uma propriedade física importante na determinação dos minerais, nem sempre é constante e consequentemente deve ser o caráter em apreço utilizado cuidadosamente.

Transparência — Quanto à transparência os minerais podem ser transparentes, semitransparentes, translúcidos, semitranslúcidos e opacos. (*)

Além dessas propriedades, e ainda dependentes da visão, podem ser considerados os minerais: opalescentes, iridescentes, fosforescentes (fosforescentes e fluorescentes).

No presente *Guia*, além das propriedades macroscópicas (cor e brilho) constarão indicações microscópicas sobre mine-

(*) Essas observações devem ser feitas especialmente em laças de-gada.

rais transparentes: isótropos, uni ou biaxiais; sinal óptico e índices de refração. Para tanto pode ser consultada também a tabela à página 91, na qual são dispostos os principais minerais de acordo com a natureza óptica (isótropos, uni e biaxiais), sinal óptico e índices de refração. A pág. 96 encontra-se também um quadro destinado à determinação do sinal óptico dos minerais.

IV — Propriedades químicas

INSTRUMENTOS

Instrumentos necessários aos ensaios prévios (pirogénico e por via úmida):

- 1) *Magaricos de boca*
- 2) *Bico de Bunsen* — lâmpada de álcool — vela de parafina.
- 3) *Pinças com ponta de platina ou de níquel* (precaução: nunca usar minerais de brilho metálico, especialmente sulfetos, que devem, para tanto, ser previamente calcinados).
- 4) *Fios ou alças de platina* (com suporte de vidro ou de metal). As mesmas precauções devem ser tomadas em relação aos minerais de brilho metálico, especialmente sulfetos.
- 5) *Cadinhos de porcelana e de chumbo*
- 6) *Pinças comuns, de metal e de madeira*
- 7) *Morceiro e mortelos*
- 8) *Grad. de ágata ou de porcelana*
- 9) *Lâmina triangular*
- 10) *Imã*
- 11) *Espátulas de metal, de porcelana e de osso*
- 12) *Supporte e telas de amianto*
- 13) *Vidros de relógio*

- 14) *Piscetas com água destilada* — pipetas
- 15) *Tubos de ensaio* — tubos abertos — supports para os tubos — funis e papel de filtro.
- 16) *Carvão de madeira*

1 — PRINCIPAIS REAGENTES NECESSÁRIOS AOS ENSAIOS PRÉVIOS

a) Reagentes sólidos

- 1) *Carbonato de sódio* — Na_2CO_3
- 2) *Carbonato de potássio* — K_2CO_3
- 3) *Nitrato de potássio* — KNO_3
- 4) *Sal de fósforo* (fosfato de sódio e amónio) — $\text{HN}_2\text{NH}_4 \cdot \text{PO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (pérolas)
- 5) *Bórax* (tetraborato de sódio) — $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (pérolas)
- 6) *Papel de tornassol* (azul e vermelho), papel de curcuma, papel de violeta de chumbo
- 7) *Zinco, magnésio e estanho metálicos*
- 8) *Óxido de chumbo* — PbO_2
- 9) *Dissulfato de potássio* — KHSO_4

b) Reagentes líquidos

- 1) *Ácido clorídrico* — HCl
- 2) *Ácido nítrico* — HNO_3
- 3) *Água-régia* (1 parte de HNO_3 : 3 partes de HCl)
- 4) *Ácido sulfúrico* — H_2SO_4
- 5) *Hidróxido de amónio* (amoníaco) — NH_4OH
- 6) *Hidróxido de potássio* — KOH
- 7) *Hidróxido de sódio* — NaOH
- 8) *Hidróxido de bário* — Ba(OH)_2
- 9) *Nitrato de cobalto* — $\text{Co(NO}_3)_2$

- 10) Carbonato de amônio — $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$
- 11) Oxalato de amônio — $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$
- 12) Sulfeto de amônio — $(\text{NH}_4)_2\text{S}$
- 13) Cloreto de bário — BaCl_2
- 14) Nitrato de prata — AgNO_3
- 15) Fosfato dissódico — Na_2HPO_4
- 16) Carbonato de sódio — Na_2CO_3
- 17) Iodeto de potássio — KI
- 18) Iodeto de chumbo — PbI_2
- 19) Água oxigenada — H_2O_2
- 20) Sulfocianeto de potássio — KCNs
- 21) Ferrocianeto de potássio — $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
- 22) Ferricianeto de potássio — $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
- 23) Dimetilglicoxima (solução alcoólica) — $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2\text{N}_2$
- 24) Cloreto de estanho — SnCl_2
- 25) Cloreto férrico — FeCl_3
- 26) Sulfato ferroso — FeSO_4
- 27) Molibdato de amônio

Seria ainda desejável um aparelho de Kipp para produção de H_2S .

Os ensaios prévios — pirogénósticos e por via úmida — podem fornecer elementos para uma análise química qualitativa aproximada por processos simples e rápidos, orientando o mineralogista na identificação das espécies minerais.

ENSAIOS PIROGÉNÓSTICOS (via seca)

Os exames pirogénósticos, largamente empregados nos ensaios prévios, abrangem os seguintes processos:

- A) Aquecimento em pinças com ponta de platina (ou de níquel)

- B) Aquecimento em tubos fechados (tubos de ensaio de vidro neutro)
- C) Aquecimento em tubos abertos (vidro neutro)
- D) Aquecimento no curvão (com ou sem fluxos) — Reação alcalina — Reação Hepar
- E) Tratamento (no curvão) pelo nitrato de cobalto
- F) Fusão com fluxos em fios (ou alças) de platina (pérolas)
- aos quais podemos ainda acrescentar:
- G) Fusão

Como nesses ensaios o calor e ação da chama tornam-se elementos fundamentais, é necessário rápido conhecimento da natureza e uso da chama.

Natureza e uso da chama

Chama da vela — Na chama de uma vela podem ser distinguidas 3 zonas (fig. 1):

- a) Zona externa *a*, inexistente, onde os gases francamente expostos ao O_2 do ar sofrem combustão completa, resultando CO_2 e H_2O (zona oxidante).
- b) Zona intermédia *b*, luminosa — caracterizada por combustão incompleta por deficiência de suprimento de O_2 . O carbono forma CO , o qual, pelo calor, pode ser parcialmente decomposto, resultando finíssimas partículas de C , as quais, incandescentes, emprestam luminosidade à chama (zona redutora).
- c) Zona interna *c*, separada da intermédia por uma túnica azulada contendo os vapores que ainda não sofreram combustão.

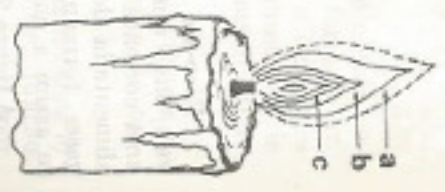


FIG. 1

1540°C
 1550°C
 1560°C
 1570°C
 1540°C
 530°C

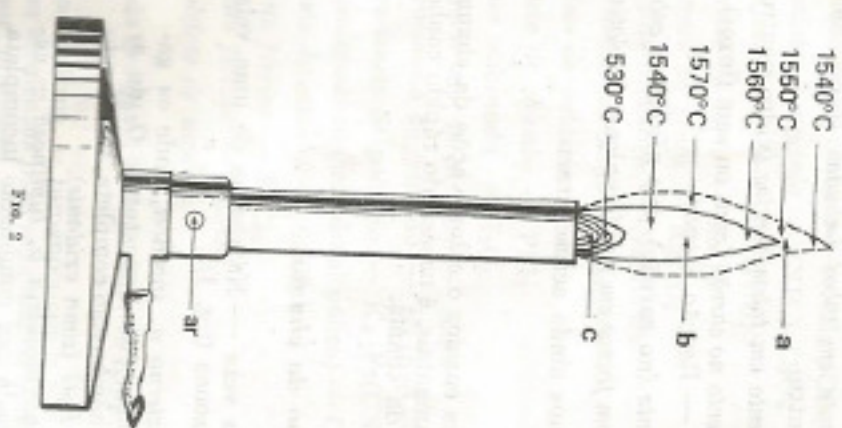
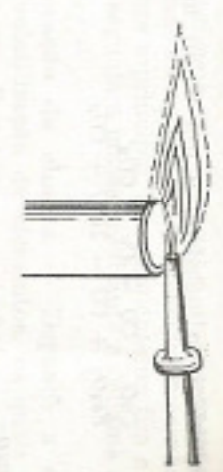


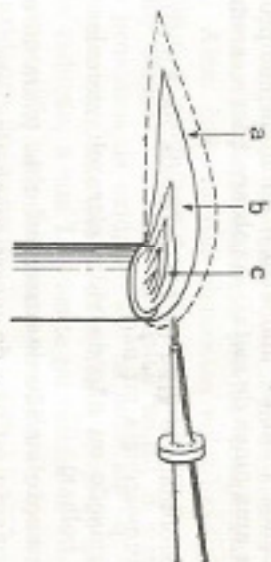
Fig. 2

Bico de Bunsen — Formam-se também as 3 zonas da vela, mas quando aberto o orifício inferior pelo qual passa a corrente de ar, a zona b, intermediária, suficientemente alimentada de O_2 , permite combustão mais acentuada dos gases, formando, além de CO , algum CO_2 e H_2O , tornando-se assim a chama quase invisível.

A figura 2 ilustra um bico de Bunsen e as relativas temperaturas observadas.



chama oxidante



chama redutora

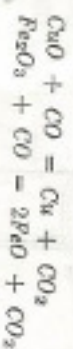
Fig. 3

Chama do magarico — Melhor resultado é obtido soprando uma corrente contínua e moderadamente forte de ar. A ponta do magarico para as chamas redutoras e oxidantes é colocada em relação à chama do bico de Bunsen ou de uma vela (ou lâmpada) de acordo com o esquema da figura 3.

Chama oxidante — Acima do cone b situa-se a chama a, à qual tem acesso fácil o O_2 que fornece ambiente de oxidação.

Chama redutora — Dentro do cone b (acima do cone c) onde se forma quantidade apreciável de CO , que tem função redutora, há absorção de O_2 para formar CO_2 . Assim, por exemplo, muitos óxidos, quando aquecidos em presença

de CO , são reduzidos ao metal ou a um óxido inferior — exemplos:



Usos da chama

a) **Aquecimento e fusão** — As observações devem ser feitas especialmente na parte mais aquecida da chama do maçarico, devendo a amostra ser reduzida a fragmentos de mais ou menos 1mm de diâmetro e 4mm de comprimento, seguros por uma pinça de metal. As observações a serem feitas são:

- 1) Fusibilidade e grau de fusão (escala de Kobell)
- 2) Intumescência ou não
- 3) Formação ou não de vidro claro ou vesicular (cheio de bolhas)
- 4) Formação ou não de massa colorida (clara ou escura)
- 5) Formação ou não de massa magnética, etc.

b) **Crepitação** — Fenômeno devido à dilatação da amostra, especialmente em material de divirgem fácil ou que apresente diminutas cavidades contendo líquidos ou gases cuja expansão poderá causar pequenas explosões, o que dificulta o estudo da espécie. O fenômeno também pode ser provocado pelo desprendimento de gases ou de água de cristalização. Assim, por exemplo, sabe-se que a calcopirita é crepitante ao passo que a pirita não o é. Para evitar a crepitação podem ser tomadas as precauções seguintes:

- 1) aquecimento prévio, lento, progressivo e uniforme no bico de Bunsen ou mesmo na chama de uma vela;
- 2) aquecimento prévio em tubo fechado e aproveitamento de um ou mais fragmentos antes de terminar a crepitação, para que estes sejam submetidos à chama do maçarico;

3) pulverização do material e umedecimento do pó, formando uma pasta que é aquecida no carvão, cuidadosamente a princípio, intensamente no fim e trabalhando em seguida a massa resultante na chama do maçarico.

c) **Coloração da chama** — Depende a coloração da chama da volatilização de elementos, os quais nesse estado podem emprestar-lhes cores características. Em alguns casos (vide tabela) devem ser as amostras previamente umedecidas com HCl (mais raramente com H_2SO_4).

d) **Carvão** — Presta-se o carvão a ensaios que envolvem redução ou oxidação. O efeito combinado da chama do maçarico e do carvão incandescente produz temperatura muito elevada. Além disso muitos elementos volatilizados em contacto com o ar oxidam-se e se depositam sobre o carvão, sob forma de óxidos, formando auréolas muito características. Para os processos de oxidação são os minerais aquecidos em contacto com o ar, não dentro de orifícios como no caso precedente da redução, e sim finalmente pulverizados e espalhados sobre a superfície onde há livre acesso de O_2 e submetidos à chama oxidante do maçarico.

e) **Carvão com fluxos** — Para obtenção de glóbulos metálicos, massas magnéticas, assim como no tratamento de substâncias crepitantes é o pó do mineral misturado com fluxos (carbonato de sódio ou carbonato de potássio) (*) e umedecido com água, formando pasta, a qual é aquecida na chama redutora.

As observações nos ensaios pirogásticos são:

A) **Aquecimento em pinças de metal** (com ponta de platina ou de níquel)

A principal observação com a pinça revestida nas extremidades com ponteira de platina (ou de níquel) é a que se refere à coloração emprestada à chama pela substância mineral, desde que sofra uma elevação de temperatura que

(*) Geralmente na proporção de 1 parte do mineral para 3 de fundente.

corresponde à volatilização de algum elemento (vide tabela, pág. 97).

Pelo aquecimento na pinge metálica comum podem ser feitas ainda as seguintes observações:

- fusibilidade e grau de fusão.
- glóbulo ou massa magnética (verificação, pelo ímã, após o resfriamento) que indica presença de *ferro*, *cobalto* ou *níquel*.
- reação alcalina no papel de eureuma indica presença de *Na*, *K*, *Ca*, *Sr*, *Ba* e possivelmente *Mg*.

B) Aquecimento em tubos fechados

São utilizados tubos de ensaio de preferência de vidro neutro, podendo ser feitas as seguintes observações:

- a) *Modificação de condição ou aparência da amostra:*
 - 1) *fusão* — só as substâncias de baixo ponto de fusão (até 1,5 da escala de von Kobell)
 - 2) *crepitação*
 - 3) *fosforescência* (ex.: fluorita) e *incandescência* (ex.: calcita)
 - 4) *alteração da cor* (de acordo com a tabela da pág. 98).
- b) *Desprendimento de gases*
 - 1) CO_2 — identificável em presença de *Ba* (OH)₂ — (matéria dos carbonatos)
 - 2) SO_2 — cheiro forte e irritante. Dá reação ácida com papel de tornassol azul — (sulfatos e sulfetos).
 - 3) O_2 — identificável em presença de carvão (pó) e MnO_2 , dando chama brilhante — [óxidos (especialmente de *Mn*)].
 - 4) NH_3 — cheiro irritante característico — (material orgânico).
 - 5) HF — cheiro irritante. Reação ácida forte. Ataca o vidro — (fluoretos).

6) NO_2 — vapores rubilantes. Cheiro irritante — (nitretos).

7) Br_2 — vapores vermelhos. Cheiro irritante — (brometos).

8) I_2 — vapores violáceos. Formação de cristais por sublimação — (iodetos).

9) *Resmaça acastanhada*, de cheiro empireumático — (material orgânico).

10) AsH_3 — cheiro de alho queimado — (arsênio metálico, arsenietos, etc.).

c) *Formação de sublimados que se condensam nas paredes frias do tubo* (vide tabela, pág. 99).

(1) Aquecimento em tubos abertos

a) *Desprendimento de odores:*

1) Odor de enxofre queimado — SO_2 — (sulfatos e sulfetos).

2) Odor alifáceo dos compostos de *As* não completamente oxidados.

b) *Sublimados* (vide tabela, pág. 100).

c) *Carder de resíduos* — Geralmente *óxido* que serve para observação da pérola ou para redução no carvão.

(2) Aquecimento no carvão

Pelo aquecimento no carvão observa-se:

a) Desprendimento de odores.

b) Formações de sublimados.

c) Formações de glóbulos metálicos, massa magnética, etc.

d) Reação alcalina.

e) Reação Hepar.

a) Desprendimento de odores

- 1) *Odor de S queimado* — com sulfetos na chama oxidante.
- 2) *Odor alíscico* — com *As* nativo e arsenietos na chama redutora.

b) Sublimados (auréolas) (vide tabela, pág. 101).

c) Formação de glóbulos metálicos e massas magnéticas, etc. (com fundentes e na chama redutora) (*):

- 1) *Ouro* — Facilmente fusível; cor: amarelo-brilhante; maleável, insolúvel em HNO_3 , solúvel em água-régia.
- 2) *Prata* — Facilmente fusível; cor: branco-brilhante; maleável; auréola pouco distinta; solúvel em HNO_3 , formando precipitado de $AgCl$ com HCl .
- 3) *Cobre* — Dificilmente fusível; cor: vermelho-brilhante na chama redutora, oxidando em contacto com o ar (preto); maleável.
- 4) *Chumbo* — Facilmente fusível; cor: cinzento-chumbo brilhante na chama redutora, oxidando em presença do ar; maleável; forma auréolas características.
- 5) *Estanho* — Facilmente fusível; cor: branco-brilhante na chama oxidante, oxidando em presença do ar; mole e maleável; forma auréolas.

Nota: Frequentemente sulfetos, arsenietos e antimônietos formam glóbulos metálicos, brilhantes, na chama redutora, oxidando em presença do ar, mas se distinguem dos metais puros por serem muito fráveis.

b) *Glóbulos ou massas magnéticas* — Pela fusão de minerais contendo *Fe* e, menos frequentemente, *Co* e *Ni*.

d) *Reação alcalina* (Não devem ser usados fundentes que contenham metais alcalinos ou alcalino-terrosos como: Na_2CO_3 , K_2CO_3 , etc.). A massa residual dará reação alcalina no papel de curcuma se houver presença de *K*, *Na*, *Ca*, *Sr*, *Ba* (e também, possivelmente, de *Mg*).

(*) Cautelamento na proporção de 1 parte do mineral pulverizado para 3 partes do fundente.

a) *Reação Hepar* — Esta reação é importante na identificação de compostos do *S* (sulfatos, sulfetos). Após a fusão no carvão em presença de fluxos (*) é o resíduo colocado sobre uma placa de prata limpa e previamente umedecida com água. Se houver formação de mancha acastanhada ou preta de Ag_2S , indica presença de *S* no resíduo.

Resultado semelhante pode ser obtido com placa ou moeda de cobre ou de liga metálica que contenha esse metal.

b) *Tratamento com nitrato de cobalto*

Método especialmente aplicado a compostos *infusíveis e ligeiramente coloridos*. É particularmente importante na determinação do *Zn* e do *Al*. O material é tratado no carvão com fluxos pelo processo já indicado. Após o aquecimento é o resíduo umedecido com uma gota de $Co(NO_3)_2$ e novamente aquecido.

Alumínio — Os compostos de *Al* dão no carvão resíduo branco infusível que, umedecido com 1 ou 2 gotas de $Co(NO_3)_2$ e novamente aquecido na chama do maçarico, forma massa azulada infusível (azul de Thenard ou meta-aluminato de cobalto). É necessário não usar excesso de $Co(NO_3)_2$ porque poderá formar-se o óxido preto de cobalto Co_3O_4 (que mascara a cor azul de Thenard). A reação é a seguinte:



Zinco — Os compostos de zinco, quando aquecidos com fundentes no carvão, dão incrustação do óxido, que é amarelo a quente e branco a frio. O metal não pode ser isolado pelo processo em virtude de sua volatilização e subsequente oxidação. Umedecendo o resíduo com uma gota de $Co(NO_3)_2$ e aquecendo novamente forma-se, especialmente após o resfriamento, massa verde (verde de Riemann), que é formada ou de zinco de cobalto, $CoZnO_2$ ou, mais provavelmente, por uma solução sólida de óxido de cobalto em óxido de zinco.

(*) Uma parte do mineral para 3 do fundente.

A experiência em apreço só dá resultados com minerais infusíveis, brancos ou ligeiramente coloridos ou que assim se tornam após o aquecimento no carvão.

Nota: Os silicatos de zinco — como a *calcanthina* — quando assim tratados, *assavelmente* exibem cor azul, dada a formação de um silicato fusível de cobalto. Se a experiência for feita com um fragmento de calcinha relativamente grande pode, às vezes, exibir cor azul nos lugares onde o aquecimento for mais intenso e verde nas partes restantes, onde ocorreu a formação de ZnO .

F) *Fusão com fluxos em fios (ou alças) de platina* ("pérolas").

Com os fluxos são elaboradas *pérolas* juntamente com as quais são fundidos óxidos, os quais podem emprestar às referidas pérolas cores determinadas. Se a substância a ser examinada não for um óxido poderá ser previamente transformada nessa condição ou por oxidação no carvão ou em tubo aberto. As pérolas podem ser de:

- a) *Bórax* (tetraborato de sódio — $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$)
- b) *Sal de fósforo* (fosfato ácido de sódio e amônio — $HNaNH_4PO_4 \cdot 4H_2O$)
- c) *Carbonato de sódio* (Na_2CO_3)

a) **Pérolas de bórax** — Na tabela à pág. 102 são enumeradas algumas das principais colorações assumidas pelas pérolas em presença de *óxidos puros*.

b) **Pérolas de sais de fósforo** — Em geral as reações são semelhantes às obtidas com as pérolas de bórax. Na tabela à pág. 103 são analisados os casos específicos, isto é, os que dão reações nitidamente diferentes.

Nota: Com os silicatos o fluxo forma um vidro no qual as bases são solúveis, mas a sílica, insolúvel, forma um coqueleto que flutua na pérola em fusão.

c) **Pérolas de carbonato de sódio** — Especialmente usadas para reconhecimento de óxido de Mn , formando pérola opaca verde a quente, azul a frio, na chama oxidante opaca,

incolor na chama redutora. Também pode ser utilizada para identificação da sílica com a qual obtém-se, por fusão, vidro claro.

G) *Fusão*

A fusão oxidante é particularmente importante na identificação dos compostos de Mn , Cr , entre os minerais considerados na presente tabela. Consiste na fusão do material em pedaço de porcelana, junto com Na_2CO_3 e um agente oxidante como o nitrato de potássio, resultando massa verde de marganato de sódio Na_2MnO_4 , característica para os compostos de manganes, e amarela de cromato de sódio no caso dos compostos de crômio.

A fusão alcalina é aquela obtida com fundentes cuja reação, com o material a fundir, apresenta caráter alcalino, ou seja, com ions OH^- ; o fundente mais utilizado é o carbonato de sódio, podendo também ser usado o bórax.

Na fusão ácida o fundente utilizado é o pirossulfato de potássio (também o bissulfato que ao fundir se transforma em pirossulfato, libertando ions H^+).

2 — ENSAIOS QUÍMICOS PRÉVIOS (via úmida)

Nesses ensaios são empregados, especialmente como dissolventes, os ácidos minerais: HCl , HNO_3 , H_2SO_4 e os reagentes mais comuns, anteriormente enumerados.

Em relação à solubilidade nos ácidos minerais devem ser feitas as seguintes observações:

A) *Grau de solubilidade*

Em geral é usado o HCl , embora em muitos minerais de brilho metálico como sulfetos, arsenietos e compostos de Pb e Ag seja muitas vezes empregado HNO_3 . Menos frequentemente emprega-se H_2SO_4 , água-régia ou HF .

O mineral deve ser antes pulverizado e solubilizado a quente em tubos de ensaio. Recomenda-se filtrar a solução antes de acrescentar qualquer reagente.

B) Fenômenos que acompanham a solubilidade

a) Solubilidade sem efervescência. Ex.: alguns óxidos (hematita, limonita, goethita); alguns sulfatos, muitos fosfatos. *As* e *Pt* só são solúveis em água-régia.

b) Solubilidade com efervescência

- 1) CO_2 — prova com $Ba(OH)_2$ — carbonatos em solução no HCl .
- 2) H_2S — cheiro característico desagradável — sulfetos em HCl .
- 3) Cl_2 — amarelo-esverdeado com cheiro irritante. A partir de óxidos (como MnO_2) quando dissolvidos em HCl .
- 4) NO_2 — vapores ruilantes sufocantes — a partir de muitos minerais metálicos como sulfetos (galena, pirita, etc.) e óxidos (como cuprita em solução no HNO_3).

c) Coloração da solução

- 1) De ambar a vermelho-acastanhado — soluções clo-rídicas contendo *Fe* trivalente.
- 2) Verde — misturas de *Cu*, *Fe* e também *Ni* — adicionando NH_4OH em excesso, resulta cor azul em soluções que contêm *Cu* e *Ni* (sendo mais intensa no primeiro caso).
- 3) Azul — *Cu*, geralmente intensificada pela adição de amoníaco em excesso.

d) Formação de resíduos insolúveis

- 1) *Geléia* — a obtenção de geléia por evaporação de uma solução, em que esta permanece insolúvel

após adição de ácido ou de água, indica presença de silicato solúvel. Os silicatos insolúveis só sofrem gelatinização depois de fundidos, para o que pode ser seguida a seguinte marcha:

- Fusão com Na_2CO_3 anidro (preferivelmente em mistura com K_2CO_3).
- Seções consecutivas em banho-maria, usando sempre HCl diluído.
- Filtração e lavagem com água contendo HCl .
- Analisar o filtrado. O filtro deve reter sílica pura.
- A solução juntar NH_4Cl concentrado e filtrar.
- Analisar a solução.
- Os silicatos que normalmente gelatinizam tornam-se insolúveis pelo aquecimento.

- 2) *resíduo pulverulento* — pode também indicar silicato.
- 3) *resíduos brancos* — podem ser obtidos quando minerais contendo *Sr*, *Sb*, *As* e *PbS* são oxidados em presença de HNO_3 concentrado.
- 4) *resíduo amarelo* — pode indicar presença de tungstênio. Deve-se notar que quando um sulfeto é tratado pelo HNO_3 poderá haver formação de um glóbulo ou massa esponjosa amarela de enxofre.

(*) *Precipitados obtidos por reagentes adicionados às soluções incolores*

Este assunto é tratado nas tabelas nos casos específicos, mostrando reações características em cada caso. Entretanto, aqui serão mencionados apenas os reagentes mais comuns e os precipitados obtidos com soluções incolores em tubos de ensaio.

- 1) *Hidróxido de amônio* — Precipita sob forma de hidróxidos insolúveis *Al*, *Be*, *Bi*, *Cr* trivalente e *Fe* trivalente, *Pb* e metais de terras raras. Dentro de determinadas condições, entretanto, especialmente quando

- presentes na solução os ácidos fosfórico, arsenico, silício ou clorídrico, podendo ocorrer também precipitados.
- 2) **Carbonato de amônio** — Precipita sob forma de carbonatos insolúveis os ions *Ca*, *Sr* e *Ba* de soluções incolores, anteriormente alcalinizadas, em presença do hidróxido de amônio.
 - 3) **Oxalato de amônio** — Precipita sob forma de oxalatos insolúveis os ions *Ca*, *Sr* e *Ba* de soluções incolores, previamente alcalinizadas pelo hidróxido de amônio.
 - 4) **Sulfeto de amônio** — Precipita sob forma de sulfetos insolúveis as soluções incolores, alcalinas ou neutras contendo: *Fe*, *Zn*, *Mn*, *Co*, *Ni* e, sob forma de hidróxido, as que contém: *Al*, *Cr* e metais de terras raras.
 - 5) **Clorato de bário** — Precipita sob forma de sulfato o *Ba* de solução sulfúrica, constituindo portanto prova bem delicada para sulfato.
 - 6) **Ácido clorídrico** — Precipita sob forma de cloretos insolúveis: *Ag*, *Pb* e *Hg* de soluções nítricas.
 - 7) **Ácido sulfúrico** — Precipita *Ag*, *Pb*, *Hg*, *Cu*, *Bi*, *Cd*, *As*, *Pb* e *Sr* de soluções clorídricas ou sulfúricas.
 - 8) **Nitrato de prata** — Precipita os cloretos solúveis.
 - 9) **Carbonato de sódio** — Precipita *Fe*, *Zn*, *Mn*, *Co*, *Ni*, *Ca*, *Mg* etc., sob forma de carbonatos normais ou básicos.
 - 10) **Hidróxido de sódio** — Precipita *Fe*, *Mn*, *Co*, *Ni*, *Cu*, *Bi*, *Cd*, *Mg* e metais de terras raras, sob forma de hidróxidos, alguns dos quais só em ausência de sais de amônio.
 - 11) **Fosfato de sódio** — É útil para o reconhecimento de *Mg* de soluções que não são precipitadas pelo hidróxido de amônio ou pelo carbonato de sódio ou que tenham sido filtradas dos precipitados obtidos com esses reagentes.
 - 12) **Ácido sulfúrico** — Precipita sob forma de sulfato: *Ba*, *Sr* e *Ca* (este último só em soluções concentradas).

1) CARBONATO CO_3^{2-}	Via seca	No aquecimento em tubo fechado há desprendimento de gás carbônico (CO_2), que pode ser reconhecido em sistema fechado, com auxílio de água, formando-se precipitado branco de carbonato de bário.
	Via úmida	Com ácido clorídrico o carbonato reage desprendendo gás carbônico, o qual pode ser reconhecido em sistema fechado por hidróxido de bário, produzindo-se precipitado branco de carbonato de bário.
2) CLORETO Cl^-	Via seca	Pérola de sais de fósforo, umedecida com cloreto, estando saturada de óxido de cobre, fornece chama purpúrea de cloreto de cobre.
	Via úmida	Os cloretos em solução nítrica, tratados com nitrato de prata, fornecem precipitado branco, volumoso, de cloreto de prata, solúvel em hidróxido de amônio.
3) CROMATO CrO_4^{2-}	Via seca	Pérolas de bórax ou de sais de fósforo, umedecidas com cromato, tomam cor verde-esmeralda. Com carbonato de sódio, no carvão, formam massa infusível de Cr_2O_3 .
	Via úmida	Com cloreto de bário em meio acético dá precipitado amarelo de cromato de bário, solúvel em ácidos minerais diluídos. Em solução acidificada com ácido sulfúrico forma, com água oxigenada, uma solução azul de ácido percrômico (H_2CrO_7), solúvel em éter ou álcool amílico. Assim o ácido percrômico pode ser extraído da solução por meio de dissolventes.
4) FLUORETO F^-	Via seca	Fluoreto aquecido em tubo fechado dá com bissulfato reação para o flúor (desprendimento de HF que corrói o vidro e é tóxico, razão por que a reação só pode ser feita em capela).
	Via úmida	Aquecido lentamente em cadinho de chumbo, com ácido sulfúrico concentrado, desprende ácido fluorídrico (HF), que corrói uma lâmina de vidro colocada sobre o cadinho. O teste também serve para silicatos; estes podem ser reconhecidos colocando-se uma gota pendente na lâmina de vidro que vai ser exposta ao ácido fluorídrico, formando-se aí sílica gelatinosa.

5) FOSFATO PO_4^{3-}	Via seca	Prova de fosfina no tubo com magnésio (Mg) metálico. A fosfina apresenta cheiro característico e é inflamável.
	Via úmida	Com a mistura magnesiana ($MgCl_2 + NH_4OH + NH_4Cl$) o fosfato forma precipitado cristalino cujos cristais se agrupam tomando formato de estrela. O cloreto de amônio é utilizado para evitar a formação de hidróxido de magnésio que poderia prejudicar o ensaio. Os cristais devem ser observados ao microscópio. Em solução ácida (níttrica) o fosfato dá precipitado amarelo, cristalino, com molibdato de amônio.
6) MOLIBDATO MoO_4^{2-}	Via seca	Pérola de sais de fósforo - chama oxidante: amarelo a verde (a quente), incolor (a frio); chama redutora: castanho (a quente), verde (a frio). Evaporando com H_2SO_4 concentrado em cápsula de porcelana: massa azul (azul de molibdênio).
	Via úmida	Precipitado amarelo cristalino de fosfomolibdato de amônio em solução de fosfato de sódio e em presença de excesso de ácido nítrico.
7) NITRATO NO_3^-	Via seca	Fundido em tubo fechado, com bissulfato desprende NO_2 , reconhecível pelo cheiro característico e pela cor castanho-avermelhada.
	Via úmida	Com sulfato ferroso e ácido sulfúrico concentrado forma entre a solução e o ácido (que é mais denso) um anel castanho de $[Fe(NO)]SO_4$.
8) SILICATO	Via seca	Na pérola de sais de fósforo forma "esqueleto" de sílica.
	Via úmida	A solução clorídrica de silicato, submetida à evaporação (em banho-maria), forma sílica gelatinosa. Precipitado amarelo de silicato de Ag solúvel em ácidos e NH_4OH diluído (ver também fluoreto, via úmida).
9) SULFATO SO_4^{2-}	Via seca	Reação Hepar (ver sulfeto).
	Via úmida	Com cloreto de bário em solução clorídrica diluída dá precipitado branco de sulfato de bário, insolúvel em ácidos.

10) SULFETO S^{2-}	Via seca	Em tubo de aquecimento forma-se sublimado amarelo de enxofre, e desprende-se anidrido sulfuroso (SO_2) em presença do ar, que pode ser reconhecido por tornar verde o papel impregnado de bicromato de potássio. Reação Hepar: Após a fusão no carvão com carbonato de sódio, forma-se massa cor de fígado, de sulfeto de sódio. Colocando-se o resíduo sobre uma placa de prata umedecida (sobre moeda de prata, ou sobre liga metálica contendo cobre) forma-se mancha de cor castanha a preta de sulfeto de prata (Ag_2S) ou de sulfeto de cobre (Cu_2S). Uma alternativa consiste em dissolver o resíduo de sulfeto de sódio e precipitar a solução com nitrato de prata (precipitado castanho a preto).
	Via úmida	Com ácido clorídrico ou ácido sulfúrico diluídos e Zn metálico há despreendimento de gás sulfídrico. O gás sulfídrico enegrece o papel umedecido com acetato de chumbo.
11) TUNGSTATO WO_4^{2-}	Via seca	Com sais de fósforo, na chama redutora, toma cor azul.
	Via úmida	A solução clorídrica separa $H_2WO_4 \cdot 2H_2O$ (branco), que a quente fica amarelo (H_2WO_4). Com zinco metálico forma-se W_2O_8 ou W_2Cl_8 azul.

E) Reconhecimento dos principais cátions para a identificação de minerais

1) PRATA Ag^+	Via seca	No carvão e na chama oxidante produz auréola castanha. No carvão, com chama redutora e com carbonato de sódio, produz glóbulo metálico, maleável, de prata.
	Via úmida	A solução nítrica de prata precipita com ácido clorídrico. O cloreto de prata que se forma é um precipitado branco, solúvel em hidróxido de amônio, que exposto ao ar escurece.
2) ALUMÍNIO Al^{3+}	Via seca	No carvão, com nitrato de cobalto, forma azul de Thenard.
	Via úmida	Em solução, o alumínio precipita com hidróxido de amônio. O hidróxido de alumínio é um precipitado branco ou incolor, gelatinoso. Para confirmar junta-se ao precipitado uma gota de nitrato de cobalto e filtra-se: a seguir incinera-se o papel de filtro com o precipitado. O resíduo deverá apresentar cor azul (azul de Thenard).

3) ARSÊNIO As^{3+}		Para os minerais que contêm arsênio são recomendados os ensaios pirométricos por via seca (em tubo fechado; em tubo aberto; em carvão).
4) BÁRIO Ba^{2+}	Via seca	Apresenta chama verde-amarelada e com o papel de curcuma dá reação alcalina.
	Via úmida	Com ácido sulfúrico diluído forma-se precipitado branco de sulfato de bário. Em solução acética diluída forma-se precipitado amarelo de cromato de bário pela adição de dicromato de potássio.
5) BISMUTO Bi^{3+}	Via seca	No carvão, com carbonato de sódio, forma sublimado alaranjado e glóbulos friáveis de bismuto metálico; com fluxo de iodeto, forma sublimado vermelho de iodeto de bismuto (próximo da amostra é amarelo).
	Via úmida	Com excesso de água forma precipitado de sal básico, solúvel em ácidos minerais diluídos, insolúvel em ácido tartárico (o que o diferencia de Sb) e insolúvel em hidróxidos alcalinos (o que o diferencia de Sa).
6) CÁLCIO Ca^{2+}	Via seca	Chama vermelho-alaranjada; com papel de curcuma reação alcalina-
	Via úmida	Forma precipitado branco, cristalino, em presença de oxalato de amônio em meio acético. Uma gota da solução e outra de ácido sulfúrico diluído em uma lâmina, posta em contacto e submetida à evaporação, forma cristais monoclinicos de gipso $CaSO_4 \cdot 2H_2O$. A observação dos cristais deve ser feita ao microscópio.
7) COLÚMBIO (ou NÍOBIO) $Cb(Nb)^{5+}$	Via seca e úmida	Fazer algumas pérolas de bórax com o mineral finamente pulverizado, dissolvê-las em HCl e aquecer a solução juntamente com estanho metálico. Se a solução se tornar azul, adicione água. A coloração desaparecerá se for devida ao colúmbio; persistirá se for devida ao tungstênio. O tântalo não dá coloração nesta reação. O grau da coloração azul dá idéia da proporção de colúmbio e tântalo (geralmente juntos no mineral). Se for usado zinco metálico a coloração será de púrpura a marrom-avermelhada.
8) CROMO Cr^{3+}	Via seca	No carvão, com carbonato de sódio, massa verde-muscatada (CrO_3), formação de borax ou de sais de borax; verde-esmeralda.
	Via úmida	Formação de cromato amarelo na fusão oxidante. Transformação em solução amarela de cromato por excesso de $NaOH$ e Na_2O_2 (a quente), testando o cromato (ver cromato).
9) COBALTO Co^{2+}	Via seca	Pérola de bórax (azul).
10) COBRE Cu^{2+}	Via seca	Chama verde; carvão (resíduo); pérolas de bórax.
	Via úmida	As soluções ácidas produzem cor azul intensa com excesso de hidróxido de amônio, pela formação do complexo tetramin-cúprico.
11) FERRO Fe^{2+} ou Fe^{3+}	Via seca	Massa magnética na chama redutora (no carvão ou na pinça metálica); pérolas de bórax.
	Via úmida	O cátion férrico Fe^{3+} dá precipitado castanho-avermelhado de hidróxido de ferro, com hidróxido de amônio; isto em solução clorídrica. Com ferrocianeto de potássio dá precipitado azul (azul-da-Prússia) de ferrocianeto férrico. Com sulfocianato de potássio dá coloração vermelha de sulfocianato férrico (o que o diferencia de Fe^{2+}). O cátion ferroso Fe^{2+} dá coloração azul (azul de Turnbull) com ferricianeto de potássio, com a formação de ferricianeto ferroso. Com o ferrocianeto de potássio, em completa ausência de ar, forma potássio ferricianeto ferroso. O potássio ferrocianeto ferroso é um precipitado branco. Submetido às condições atmosféricas normais, parte do precipitado é oxidado a ferricianeto ferroso, formando-se assim uma solução de coloração azul-pálida.
12) MERCÚRIO Hg^{2+}		Para os minerais de mercúrio mais comuns (principalmente para o cinábrio) são suficientes os testes por via seca: tubo fechado e tubo aberto.

13) Potássio K^+	Via seca	Chama violeta (observável com o auxílio do vidro de cobalto); reação alcalina com papel de curcuma.
	Via úmida	Em presença do cobaltinitrito de sódio em meio acético e em ausência de sais de amônio forma precipitado amarelo de cobaltinitrito de potássio.
14) Lítio Li^+	Via seca	Chama vermelho-carmesim. Os minerais de lítio não dão reação alcalina com o papel de curcuma, o que o diferencia do estrôncio.
	Via úmida	No carvão, com fluxo de nitrato de cobalto, forma substância de cor rosa-pálida.
15) Magnésio Mg^{2+}	Via seca	Com fosfato de sódio e hidróxido de amônio, em presença de cloreto de amônio (para evitar a formação de precipitado de hidróxido de magnésio) forma precipitado característico (cristais depositados em agregados estelares, observáveis ao microscópio).
	Via úmida	
16) Manganês Mn^{2+}	Via seca	Pérola de bórax e de carbonato de sódio; cor verde na fusão oxidante.
	Via úmida	Óxido de manganês com óxido de chumbo e ácido nítrico concentrado, forma ácido permangânico, de coloração violeta.
17) Molibdênio Mo^{2+}	Via seca	Em placa de gesso, com fluxo de iodeto, forma surtola azul (ultramarinho).
	Via úmida	Ver molibdato (após oxidação do Mo a molibdato por HNO_3 concentrado).
18) Sódio Na^+	Via seca	Chama amarelo-ouro intensa e persistente. Reação alcalina com papel de curcuma.
19) Níquel Ni^{2+}	Via seca	Observação de Tschugaceff: a solução ácida, levemente alcalinizada por hidróxido de amônio, forma precipitado vermelho salmão se forem adicionadas 1 ou 2 gotas de solução alcoólica de dimetilglioxima.
	Via úmida	
20) Chumbo Pb^{2+}	Via seca	No carvão glóbulos metálicos e surtola de PbO .
	Via úmida	Precipitado amarelo de PbI_2 com KI (solúvel em excesso de reagente). Precipitado amarelo de $PbCrO_4$ com K_2CrO_4 (em meio acético). Precipitado branco de $PbSO_4$ com H_2SO_4 , insolúvel em ácidos diluídos.
21) Antimônio Sb^{2+} ou Sb^{3+}		As reações por via seca com os minerais de antimônio são suficientes para sua determinação (tubo aberto, fusão no carvão, etc.).
22) Estanho Sn^{2+}		O principal mineral de estanho, a cassiterita (SnO_2), pode ser reconhecido tratando fragmentos com ácido clorídrico e zinco metálico, formando-se sobre eles um revestimento de estanho metálico por redução do óxido.
23) Estrôncio Sr^{2+}	Via seca	Chama vermelho-viva. Reação alcalina com papel de curcuma.
	Via úmida	Em solução acética, precipitado branco com sulfato de amônio, insolúvel em ácidos diluídos.
24) Tântalo		Ver reação para o colúmbio.
25) Tório Th^{4+}		Com solução saturada de sulfato de potássio: precipitado branco de sal duplo $2K_2SO_4 \cdot Th(SO_4)_2 \cdot 2H_2O$ (Nota: essa solução precipita também o Ce ; a distinção só pode ser feita pelo precipitado branco obtido com os sais de Th ou com o reagente ácido metanitrobenzênico ou pela solução saturada de ácido sebácico); radioatividade.

26) TITÂNIO Ti^{4+}	Via seca	Pérola de sais de fósforo na chama redutora.
	Via úmida	Em solução ligeiramente ácida, tratada com água oxigenada, forma o ácido peroxo-dissulfato-titânico de cor alaranjada (amarelo em soluções diluídas).
27) URÂNIO U^{4+}	Via seca	Pérolas fluorescentes com NaF e LiF ; radioatividade (fluorescência natural de alguns minerais de urânio).
	Via úmida	Com água oxigenada, precipitado amarelo-pálido de $UO_4 \cdot xH_2O$, solúvel em carbonato de amônio, dando solução amarelo-escura (cuidado: Cr , Ti e Va interferem nessa prova, que é muito sensível para U).
28) VOLFRÂMIO (TUNGSTÊNIO) W^{2+}	Via seca	Pérolas de sais de fósforo — na chama oxidante: incolor ou amarelo-pálido; na chama redutora: azul, tornando-se vermelho-sangue em presença de pequena quantidade de sulfato ferroso.
	Via úmida	Precipitado amarelo com cloreto de estanho que se torna azul pelo aquecimento com HCl concentrado. Ver também reação para colúmbio.
29) ZINCO Zn^{2+}	Via seca	No carvão com nitrato de cobalto toma coloração verde (verde-Riemann).
	Via úmida	Com hidróxido de amônio forma precipitado branco-gelatinoso de hidróxido de zinco $Zn(OH)_2$ solúvel em excesso de reagente. Para confirmar, junta-se ao precipitado uma gota de nitrato de cobalto e filtra-se, incinera-se o papel de filtro e obtém-se resíduo de cor verde-Riemann. Precipitado branco em ferrocianeto de potássio.
30) ZIRCONÍO Zr^{4+}	Via seca	Papel de curcuma umedecido com uma solução contendo zircônio e submetido à secagem a $100^\circ C$, toma cor alaranjada.
	Via úmida	Com água oxigenada uma solução ligeiramente ácida forma precipitado branco que com ácido clorídrico concentrado desprende cloro (a quente).

V — Tabela de determinação de minerais

MINERAIS		
1) <i>brilho</i> <i>metálico</i>	{	Cor: branco-cinzaento págs. 36-41
		preto-cinzaento págs. 40-47
		vermelho págs. 46-47
		amarelo págs. 48-49
2) <i>brilho não-</i> <i>metálico</i>	{	Traço: preto ou castanho págs. 50-53
		amarelo págs. 52-57
		vermelho págs. 56-59
		verde ou azul págs. 58-61
		incolor:
		a) dureza baixa págs. 60-66
		b) dureza média págs. 64-71
		c) dureza alta págs. 70-81

Mineral Camp. químico Sistema	Durezza	Peso específico	Cor Brilho Cor do traço	Cristalografia Forma	Hábitos
MOLIBDENA MoS ₂ hexagonal	1 a 1,5	4,7 a 4,9	Classe-olunho Metálico Traço: olunho acastado (meio olunho e papoi).	Cl. ortorrômbica (0100) Sua ou de fibras ou no trato. Bastil.	Lamelas (la- mela flexi- vel), não dis- tintas, semu- no, em grés disseminados.
PARASTRITA (Amantita) SiS ₂ retilo	2	4,6 a 4,7	Classe-olunho (pedicula preta ou indistincta). Metálico. Traço: classe- prateado.	Cl. ortorrômbica (0100). Pr. subson- do. Ligeiramente semitil.	Cristais pri- mários. Acti- vidade, radiado, reticular.
PARASTRITA PaiSi retilo	2	6,4 a 6,6	Classe-olunho (pedicula amarela ou indistincta). Metálico. Traço: classe- tampo.	Cl. ortorrômbica ligeiramente semitil.	Cristais selo- lados, raras. (Germânia; B- braso).
ANASTRITA Ag ₂ S hexagonal	2 a 2,5	7,3 a 7,4	Classe-olunho (pedicula preta ou castanha). Metálico. Traço: brilhante.	Cl. em traço Pr. subson- do. Pr. subson- do. Semitil.	Cristais octa- edros. Dacti- litos, filiformes.
CHALUSO HgS hexagonal	2 a 2,5	8,0 a 8,2	Classe-olunho (pedicula preta ou castanha). Adamentoso, me- tálico ou fas- to. Traço: vermelho.	Cl. ortorrômbica (100) Pr. subson- do. Pr. subson- do. Um tanto se- mitil.	Cristais raras. Incrustações cristalinas, granular, me- tálico, lamelar.
BISARTO MATTO Bi tetragonal	2 a 2,5	9,7 a 9,8	Classe-olunho (pedicula preta ou castanha). Metálico. Traço: branco- prateado.	Cl. (111). Semitil.	Poliedros Ar- borizantes, fo- liformes, granu- lar.
GALENA PbS cúbico	2,5	7,3 a 7,6	Classe-olunho (pedicula preta ou castanha). Metálico. Traço: cinza- olunho e preto.	Cl. cúbico (1000). Pr. subson- do. Pr. subson- do. Um tanto se- mitil.	Cristais cúbicos, sub- tendidos e o- casionais. Maciço, filiforme, olunho, granular.
PRATA NATIVA Ag isométrico	2,5 a 3	10,1 a 11,1 (quase: 10,5)	Classe-olunho (pedicula cinza e preta). Metálico. Traço: prateado.	Cl. cúbico Dactil. e ma- cristalino.	Fibriforme, ca- pilar, dactil. em maciço.

Reações características	reação	reação
Insolúvel no enxofre; chama amarelo-vermelha. Tubo aberto: SO ₂ e sublimado de NiO ₂ (branco). Pérola de brasa ou vermelho e quente, descolorida e fria; red. castanho. Reação Hepp: positiva. No carvão: chama oxid. forma SO ₂ e auréola de óxido metálico, amarelo a quente, branco a frio, que torcido com a chama reduzida se torna azul.		Decomposta pelo HNO ₃ , deixando resíduo branco ou acinzentado, solúvel em excesso. A solução nítrica da precipitada amarela com flocos de óxido.
Evaporando: ?; chama azul-esverdeada. Tubo aberto: SO ₂ e sublimado branco não-volátil. Fundo no carvão com descolorimento de fumaça branca. Reação Hepp: positiva.		Solúvel em HCl a quente, com desprendimento de H ₂ S. Fragmentos do estátila em presença de KOH ocorrem-se de "vermelho" vermelho: (SbO ₃ ·Sb ₂ O ₃).
Fusibilidade: 1. Tubo aberto: SO ₂ e sublimado branco. No carvão: fundo com óxido; auréola amarela que com KI fica vermelha. Reação Hepp: positiva.		Prontamente solúvel em HNO ₃ a quente. A solução nítrica da precipitada branca com água e com os hidróxidos alcalinos (a frio).
Tubo aberto: SO ₂ . Fundo no carvão com Inimutabilidade, descolorida SO ₂ , formado grão de Ag metálico. Reação Hepp: positiva.		Solúvel em HNO ₃ com separação de S. A solução nítrica da precipitada branca com HCl, solúvel em NH ₄ OH.
Quando pura volatiliza-se no carvão ou ao aquecimento. No tubo aberto: sublimado preto; quando fundido com Na ₂ CO ₃ sublimado de Hg metálico. Aquando oxidado: amarelo ou verde aberto forma SO ₂ e H ₂ metálico que se condensa em gotículas nas paredes trase do tubo.		O resíduo do tubo aberto, após a fusão com Na ₂ CO ₃ , quando dissolvido em água e HNO ₃ dá precipitado branco com AgNO ₃ . Com KI forma precipitado vermelho de iodeto de mercúrio, solúvel em excesso de reagente.
Funde facilmente na chama do material e pode volatilizar-se completamente. Cristallinos rapidamente deprecia da fusão. No carvão: fumaça e auréola branca (que se torna alaranjada).		Solúvel em HNO ₃ . A solução nítrica dá precipitado branco com água, e com os hidróxidos alcalinos.
Fusível ao aquecimento. No tubo aberto despende S. No carvão: SO ₂ , auréola amarela (2PbO) parte do enxofre e brasa com borda azulada (principalmente PbSO ₄), amarelo de asbesto; óxido metálico molhado do Pb. Reação Hepp: positiva. A auréola torcida com KI e noramante auréola toma cor vermelha.		Solúvel em HNO ₃ diluído. Decomposta pelo H ₂ SO ₄ concentrado com separação de S e formação de precipitado de PbSO ₄ . A solução nítrica dá precipitado amarelo com KI.
Funde no carvão e no carvão dando óxido de Ag. No carvão dá em chama ox. auréola vermelha do óxido de Ag.		Solúvel em HNO ₃ . Precipitado branco de AgCl em presença de HCl.

(continua)

Mineral	Compo. química	Diâmetro	Forma específica	Cor	Outros
				Brilho	Partículas
Calcopirita Cu ₂ S Fórmula	2,5 4 3	5,5 4 2,8	Cruciforme (muitas vezes arredado anguladamente em submicro e micro); Mediolo. Traço: cinza-escuro.	CL. indistinto Fr. esboçada	
Bornapirita 3Pb, (Cu) ₂ Bi, Sb ₂ S ₃ ou PbCuSb ₂ S ₃ Fórmula	2,5 4 3	5,7 4 5,9	Cinza-escuro a preto. Mediolo. Traço: cinza a preto.	CL. indistinto Fr. esboçada	
Enxofre Cu ₂ As ₂ S ₄ Fórmula	3	4,4 4 4,5	Cinza-escuro a amarelo. Traço: preto a ocre-escuro.	CL. perfeta (110) Fr. irregular.	
Arrepiado nativo Sb Fórmula	3 4 3,5	6,6 4 6,7	Cinza-branco de salmoura (em parte pedregosa amarelo-ou-lilás); Mediolo. Traço: cinza-branco.	CL. prosopico nativo (001).	
Tetramita 4Cu ₂ Sb ₂ S ₄ ou Cu ₂ Sb ₂ S ₄ Fórmula	3 4 4,5	4,3 4 5,4	Cinza-escuro a preto. Mediolo. Traço: preto, às vezes ocre-taço.	CL. ausente. Fr. esboçada & des-sigular.	
Asafrejo nativo As Fórmula	3,5 4 4	5,0 4 3,8	Cinza-claro (pedregosa em geral cinza-escuro a preto); Submicroscópico. Traço: branco-estanho.	CL. perfeta (0001). Fr. des-sigular & granular.	
Manganita Mn ₂ O ₃ H ₂ O Fórmula	3,5 4 4	4,2 4 4,4	Cinza-escuro a preto. Submicroscópico. Traço: castanho a vermelho e a preto.	CL. perfeta (110). Fr. irregular.	
Platina nativa Pt Fórmula	4 4 4,5	14 4 19 (puros: 21 a 22)	Cinza-escuro-branco brilhante. Mediolo. Traço: cinza-claro.	CL. ausente. Fr. irregular.	
Comarita (Cobaltita) CoAs ₂ Fórmula	5,5	6,0 4 6,4	Branco; pretendo de tonalidade acinzentada. Mediolo. Traço: cinza-escuro a preto.	CL. lameliforme (100). Fr. zigzágica.	

Reações	Reações características	Reações
<p>Crise, pseudo-hexamita, granular, granular.</p> <p>Talsit: maciço, granular.</p> <p>Nacrite, granular, esboçada, raras vezes raras: cristais prismáticos estreitos bidimensionais.</p> <p>Alcindo, cinza-vel, lamelar, granular, raras.</p> <p>Tetradimorfo: maciço, granular, esboçada.</p> <p>Granular, maciço, raras vezes raras, esboçada.</p> <p>Cristais prismáticos, esboçados, raras vezes raras.</p> <p>Cristais raras, granular, prismáticos.</p>	<p>No tubo fechado: SO₂. No aberto com Na₂CO₃ forma gálio de Cu verde. Pirena de brasa: or. azul; red. laseol (a quente), vermelho (a frio). Reação Elgar: positiva.</p> <p>No tubo fechado: coriza e forma sublimada verde-escuro. Em tubo aberto: SO₂ e sublimado branco. Fada facilmente ao ar: grânulos metálicos de Cu, amarelo e amarelo. Pirena de brasa: amarelo-verde para o Cu.</p> <p>Incluem-se favelas: no tubo fechado amarelo brilhante (espelho de arsênio). No aberto desprendido rápido e apuro aurífero e odoroso (sulfuro de arsênio); com Na₂CO₃ a chama raras vezes forma gálio verde, desaparecendo forte odor de alho. Pirena de brasa: or. azul; red. laseol (a quente), vermelho (a frio).</p> <p>Funde no carbonato com quartzo brasa que na chama raras vezes verde-azulado. Cristaliza facilmente após a fusão. No tubo aberto: sublimado branco.</p> <p>Funde no carbonato, dando fumos brancos. No aberto com Na₂CO₃ grânulos metálicos de Cu que amarelo-escuro HCl das chama azul. Pirena de brasa: red. laseol (a quente) vermelho (a frio). Reação Elgar: positiva.</p> <p>No carbonato volatiliza com favelas, dando cheiro alho; favelas amarelo de As₂O₃ que volatiliza em chama raras vezes, tingido a chama de azul.</p> <p>Indica: red. Favela azul no tubo fechado. Pirena de brasa: or. azul; red. laseol (a quente), vermelho (a frio). Reação Elgar: positiva.</p> <p>Indivíduo no experimento.</p>	<p>Solúvel em HNO₃. A solução torna-se azul na presença de excesso de NH₄OH.</p> <p>Decomposta pelo HNO₃, dando solução azul, resíduo de S e Pb-brasa contendo Sb e Pb.</p> <p>Reação para o cobre com acrílico quando a solução está & adicionado com excesso de hidróxido de amônio.</p> <p>Solúvel em água-régia.</p> <p>Decomposta pelo HNO₃ com separação de S e trióxido de antimônio: Sb₂O₃.</p> <p>Solúvel em HNO₃ com formação de As₂O₃ e NO₂.</p> <p>Desprende cheiro com HCl a quente. Em presença de HNO₃ com o Pb₂ a quente torna-se cor violeta (reação de Cruss).</p> <p>Solúvel em água-régia a quente.</p> <p>Solúvel em HNO₃ a quente, com separação de S.</p>

(continuação)

I — MINERAIS OPACOS DE BRILHO

Mineral Comp. química Sistema	Dureza	Peso específico	Cor Brilho Cur do frayo	Cristal Forma	Habitat
Pyroxenano MgO, MnO, FeO rubiolo	5 a 6	3,7 a 4,7	Quase-escuro a preto. Submetá- lico. Traço: es- verde-escuro.	P. irregular.	Mancha, lo- trichal, rori- formo, esta- lectico.
Azencoraxita (Manganil) Folhas ou fios, Yelot rubiolo	5,5 a 6	6,0 a 6,2	Branco-pretu- do a cinza-ago pedante azu- retil. Metálico. Traço: esma- preto.	Cl. diaetria (110). Fr. irregular.	Prismatico, globulo, cor- lunar, granu- lar, compe- to.
POLAXITA MnO ₂ tearapal.	6 a 6,5	4,8 a 5,0	Cinza-ago. Metálico. Traço: preto.	Cl. portita (110).	Granular, ma- eço.

I — MINERAIS OPACOS DE BRILHO

Mineral Comp. química Sistema	Dureza	Peso específico	Cor Brilho Cur do frayo	Cristal Forma	Habitat
GRAXITA C terrapal	1 a 2	1,9 a 2,3	Cinza-preto Metálico, às vezes fosco. Traço: preto.	Cl. basal per- fecta. Laminas fi- sivis, às vezes. Suls es desce.	
CORRUSA CuS tearapal	1,5 a 2	4,0	Azul-escuro em massa escura. Submetálico a resinoso. Traço: cinza a preto.	Cl. basal per- fecta.	
AZENCORAXITA As ₂ S ₃ isocristico	2 a 2,5	Ver pág. 30			
PIROCLORITA MnO ₂ rubiolo	2 a 2,5	4,7 a 4,9	Preto-clausento. Metálico. Traço: preto ou preto azu- lento.		Suls ou do- dos. Fr. irregular.
Calcocoraxita CuS ₂ rubiolo	2,5 a 3	Ver pág. 38			

METÁLICO — 1.º) Cor: Branco (cinzento)

Essencia petrográfica característica	Cor da amostra	Cor da amostra
Opalescente em chamas de magnésio. Forma líquida no tubo fechado. Perlo O ₂ quando aquecido no rubro. Pérola: ex. incoler; red. metálica. Verde por frayo oxidante.		Desprende Cl ₂ em presença de HCl a quente. Com HNO ₃ conc. e PbO ₂ a quente, Ad do permanganato (Violeta).
Tubo fechado: primeiro forma-se sublimado vermelho da temperatura do ar; depois utilizando preto lu- trano de As metálico e elástico de alho. No tubo aberto: sublimado de As ₂ O ₃ . Reações magnéticas. Puzte de- clausente no curvo: sulfeto branco e globulo magre- lo. Pérola de bexar: ex. vermelho (a quente), amarelado (a frio); red. vermelho. Reação Heper: positiva.		Desprende-se em presença de HNO ₃ com as- parado de S. A solução nitrica diluida trabada com NH ₄ OH em excesso forma precipitado castanho-avermelhado da ar- sonato básico de ferro.
Indivíduo. Pérola de bexar: ex. violado; red. laudar. Cor verde por frayo oxidante (manejo de ácido).		Em presença de HCl a quente desprende Cl ₂ . Com HNO ₃ conc. a PbO ₂ (a quente): cor violeta de permanganato.

METÁLICO — 2.º) Cor: Preto (cinzento)

Habitat	Estratos petrográficos característicos	
	na amostra	na amostra
Subular; la- metálico, color- es, verroso.	Ursoos no tacto. Indivíduo no magnésio.	Não é atacada por ácido. Em presença de anhídrido do HNO ₃ (fumigante) + cloro- to de potássio formam-se li- quias amarelas (reacção orpi- bral).
Massa brax- quosa, delga- da em HCl de obtura azul-cinza. Pérola de bexar: ex. verde a quente, azul a frio; red. (quando abundante) vermelho escuro contendo Cu ₂ O e fo- quentemente Cu. Reacção Heper: positiva.	Puede a 2,5 desprenderse SO ₂ . No tubo fechado forma sublimado de S. Após a ignição o vapor de- clausente em HCl de obtura azul-cinza. Pérola de bexar: ex. verde a quente, azul a frio; red. (quando abundante) vermelho escuro contendo Cu ₂ O e fo- quentemente Cu. Reacção Heper: positiva.	Solúvel em HNO ₃ . Solução avermelhada que se torna azu- lada em presença de excesso de NH ₄ OH.
Prismatico; solúvel, gra- nular, pedor- no.	Desprende alguma água no tubo fechado (em algumas variedades). Indivíduo no magnésio. Pérola de bexar: ex. amarelado; red. incoler. Cor verde de manganeso na frayo oxidante.	Desprende Cl ₂ em presença de HCl. Com HNO ₃ conc. e PbO ₂ (a quente): cor violeta.

(continua)