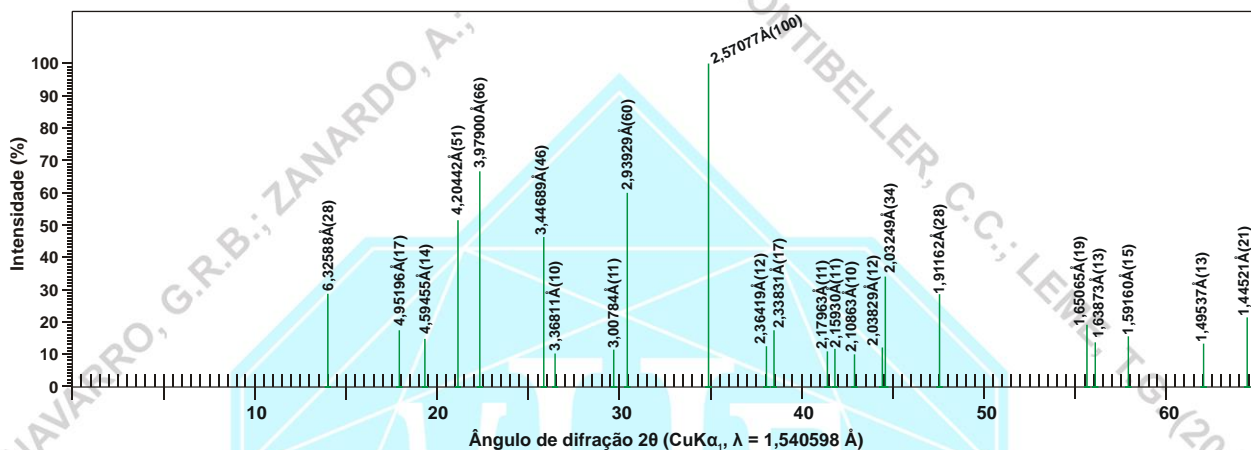


**TURMALINA** (tourmaline) - Turmalina é um termo genérico para um importante grupo de minerais do Grupo dos Ciclossilicatos.  $(\text{Na}, \text{Ca})(\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Mg}, \text{Al}, \text{Li})_3(\text{Al}, \text{Fe}^{3+}, \text{Cr}^{3+}, \text{Mg})_6(\text{BO}_3)_3\text{Si}_6\text{O}_{18}(\text{O}, \text{OH}, \text{F})_4$ . Do cingalês *turmali*, nome que se dava a gemas provenientes do antigo Ceilão (Sri Lanka). Fazem parte do Grupo da Turmalina a buergerita, chromdravita, dravita, elbaíta, feruvita, foitita, liddicoatita, olenita, povondraitita, schorlita e a uvita. A schorlita, a dravita e a elbaíta são a turmalinas mais comuns.

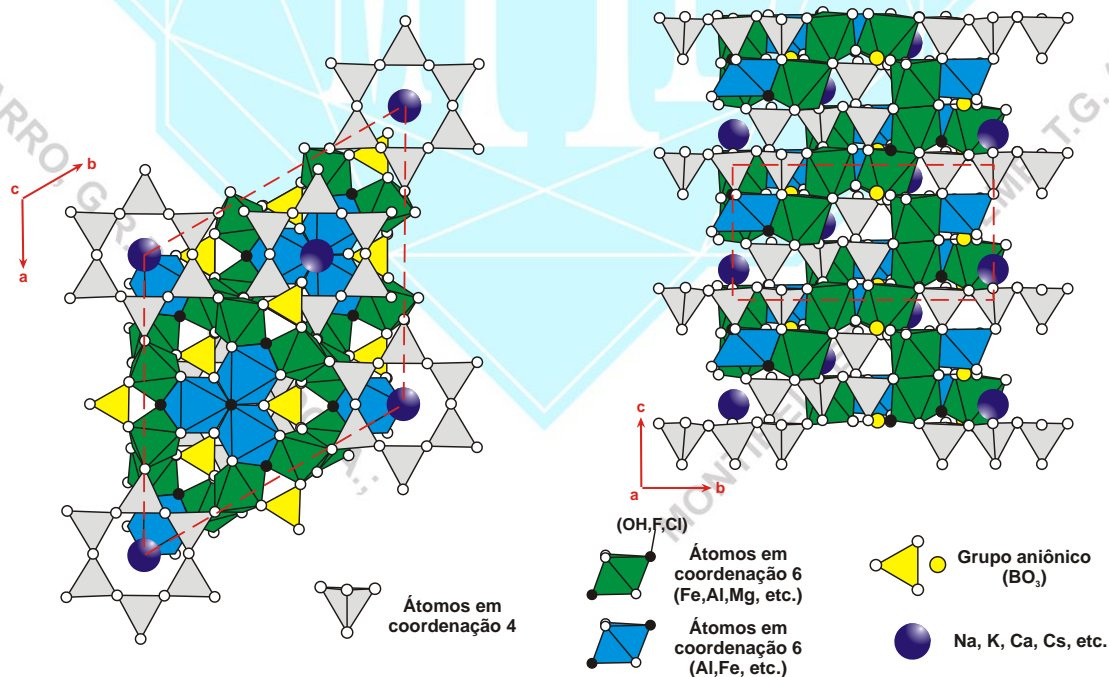
**Crystalografia:** Trigonal, classe piramidal-ditrigonal ( $3m$ ). **Grupo espacial e malha unitária:**  $R\bar{3}m$ ,  $a_0 = 15,91\text{-}16,03\text{Å}$ ,  $c_0 = 7,12\text{-}7,19\text{Å}$ ,  $Z = 3$ .

**Padrão de raios X do pó do mineral:**



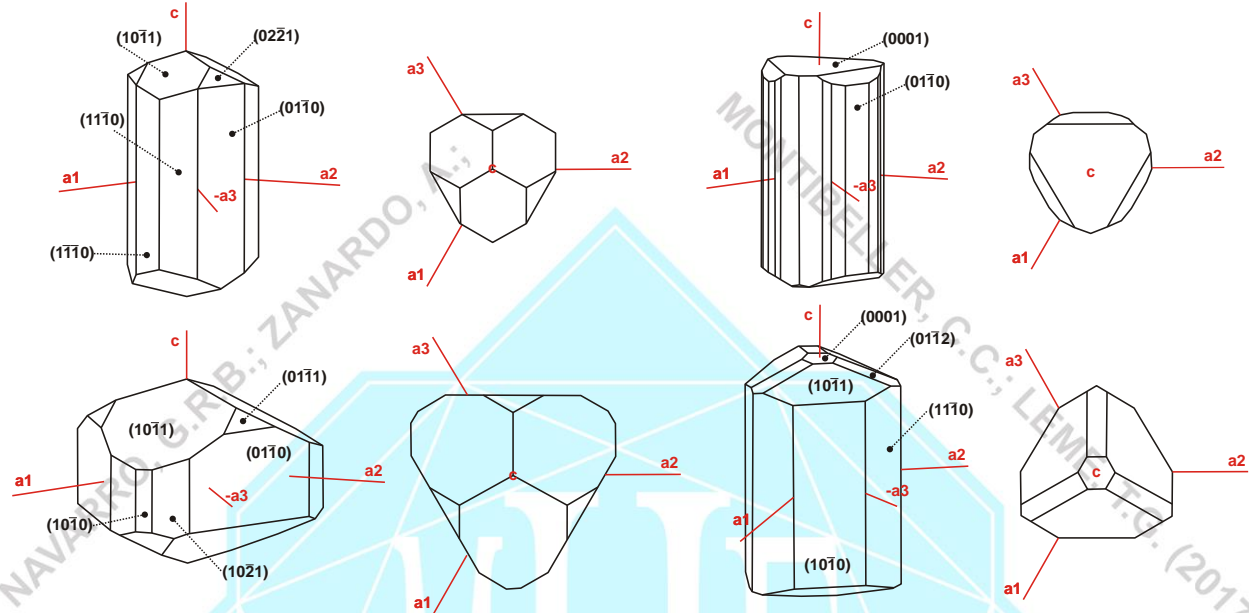
**Figura 1** – posição dos picos principais da turmalina em difratograma de raios X (modificado de Hughes et al., 2004). As posições dos picos variam de acordo com o tipo de turmalina.

**Estrutura:** na estrutura da turmalina cada tetraedro  $\text{SiO}_4$  está unido a dois outros tetraedros  $\text{SiO}_4$ , através do compartilhamento de átomos de oxigênio localizados nos vértices do tetraedro, de modo a formar um anel com seis tetraedros ( $\text{Si}_6\text{O}_{18}$ )<sup>12-</sup>. Estes anéis ocorrem dispostos perpendicularmente ao eixo “c” e todos com os vértices apontando para a mesma direção. Os anéis  $\text{Si}_6\text{O}_{18}$  são unidos lateralmente e verticalmente na estrutura através de átomos de Al e Fe em coordenação 6 (octaedros). Os átomos de B, ocorrem em coordenação 3 (planar), e os átomos maiores, como o Na, ocorrem em coordenação 9, localizados no “centro dos anéis  $\text{Si}_6\text{O}_{18}$ ”.



**Figura 2** - estrutura da turmalina. (modificado de Bloodaxe et al., 1999; [http://webmineral.com/jpowd/JPX/jpowd.php?target\\_file=Schorl.jpx#.WHdZqOQiweg](http://webmineral.com/jpowd/JPX/jpowd.php?target_file=Schorl.jpx#.WHdZqOQiweg))

**Hábito:** normalmente ocorre com hábito prismático com 3, 6 e 9 faces (geralmente com um prisma trigonal dominante e um prisma hexagonal de segunda ordem), com seção basal triangular a “arredondada”. Normalmente com estrias verticais (paralelas ao eixo “c”). Os prismas são terminados via de regra por um pédio e por pirâmides trigonais. Pode ocorrer como massas colunares compactas, maciças e como agregados (podem ser radiais, paralelos, etc.). Geminação: rara em  $(10\bar{1}1)$  e  $(40\bar{4}1)$ .



**Figura 3** – cristais de turmalina. (modificado de www.smorf.nl; www.mineralienatlas.de)

**Propriedades físicas:** sem clivagem ou quando apresentam é muito fraca segundo  $\{11\bar{2}0\}$  e  $\{10\bar{1}1\}$  (muito difícil de observar, mesmo em lâmina delgada); fratura: irregular a conchoidal; quebradiços; Dureza ~7,0-7,5, densidade relativa: 2,90-3,41 g/cm<sup>3</sup>; os membros mais comuns são piezelétricos e piezoelétricos. Transparentes a translúcidos; de cor é variável (normalmente são de cor verde a verde escuro ou preto, também rosa, vermelho, incolor; sendo que a cor verde é dada principalmente por Cr, V e Fe<sup>2+</sup> e a vermelha por Li e/ou Mn<sup>3+</sup>), inclusive em um mesmo cristal, raramente azul; cor do traço: branco a incolor; brilho: vítreo a resinoso.

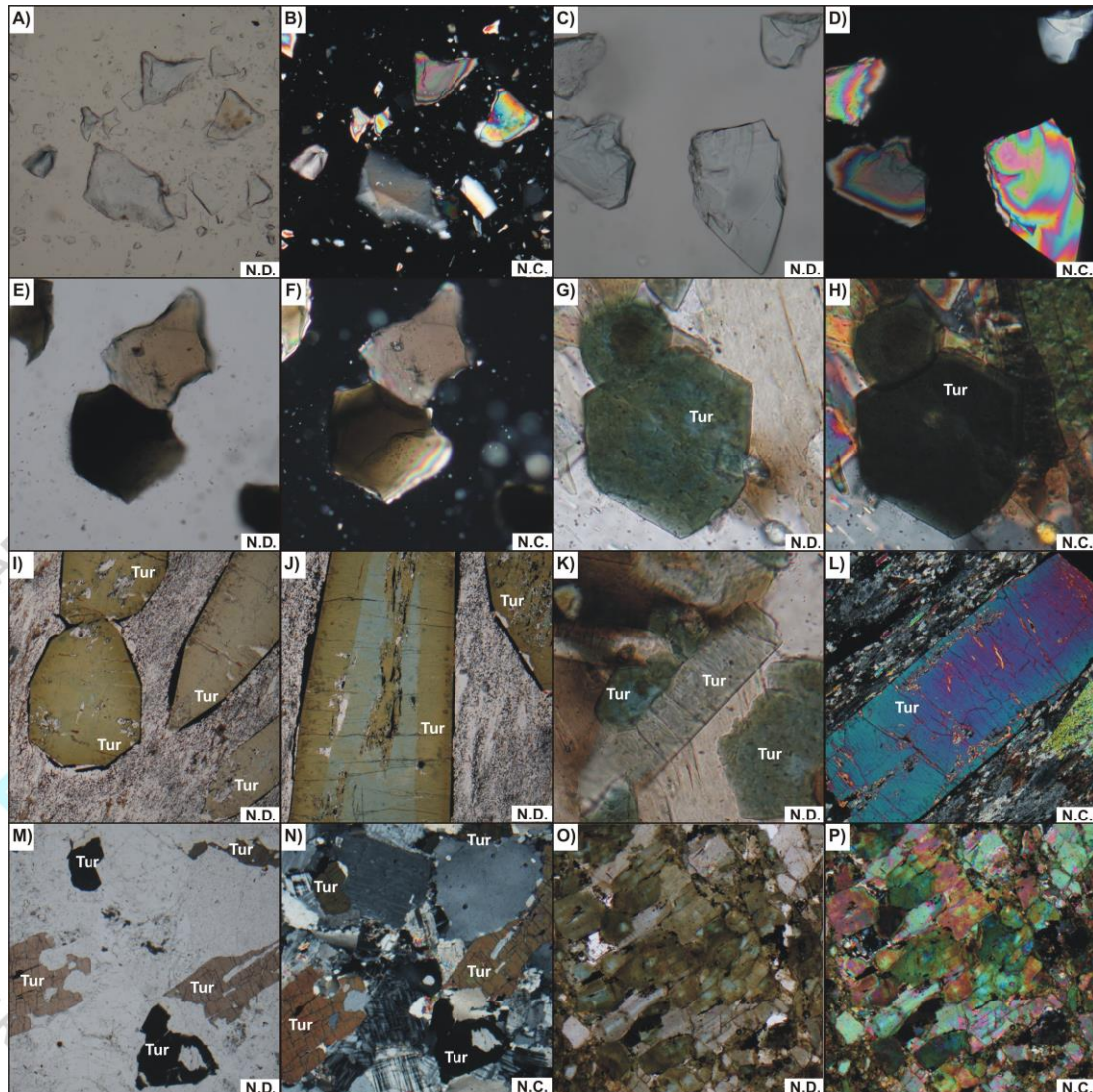
**Propriedades óticas:** Cor: muito variável, pode ser verde, marrom, amarelada, azulada, verde azulada, rósea, castanha, quase incolor a incolor, etc. em seção delgada. Pleocroísmo: ausente a muito forte, O = cinza, cinza escuro, verde escuro, azul, amarelo-marrom, preto; amarelo-marrom, rosa, verde claro, azul escuro a claro; amarelo pálido; E = incolor, cinza claro, azul claro, verde pálido, amarelo pálido, marrom pálido; amarelo claro, marrom claro; incolor, amarelo, verde oliva, púrpura; incolor. Relevo: moderado positivo,  $n >$  balsamo ( $\epsilon = 1,610-1,650$ ,  $\omega = 1,635-1,675$ ). As seções longitudinais apresentam alongação negativa e extinção paralela. Uniaxial (-).  $\delta = 0,015-0,035$ . Sob tensão pode mostrar leve biaxialidade. Dispersão fraca. Absorção  $\epsilon >$   $\omega$ . A intensidade da cor e do pleocroísmo, a birrefringência e os índices de refração variam de acordo com o tipo de turmalina ou com a composição.

**Composição química:** Borossilicatos de álcalis (Ca, Na, Li, Mg, etc.), ferro e alumínio, com fórmula geral (A)(B)<sub>3</sub>(C)<sub>6</sub>(D)<sub>3</sub>T<sub>6</sub>O<sub>18</sub>(H)<sub>4</sub> onde A = Na, Ca; B = Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Mg, Al, Li; C = Al, Fe<sup>3+</sup>, Cr<sup>3+</sup>, Mg, D = BO<sub>3</sub>, T = Si e H = O, OH, F. O número de átomos (cátions e ânions) por unidade de fórmula (a.p.u.f.) é calculado na base para 31 (O,F,OH). (1) schorlita (Yuzhakova, Urais, Rússia). (2) elbaíta, variedade rubelita (pegmatito Varuträsk, Suécia). (3) dravita castanha em mármore dolomítico (Gouverneur, New York, EUA). (4) turmalina verde clara em pegmatito (Meldon, Okehampton, Devon, Inglaterra). (5) tsilaisita verde. (1), (2), (3), (4), (5) análises compiladas de Deer et al. (1981).

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
SiO <sub>2</sub>	33,78	38,06	35,96	36,36	35,61
TiO <sub>2</sub>	0,41	0,02	0,14	tr.	0,13
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,70	10,88	10,73	10,30	10,04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	33,80	41,78	30,85	40,48	36,64
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,20	0,03			0,79
FeO	15,11		0,76	3,64	0,33
MnO	0,25	0,45		1,05	4,52
MgO	0,74	0,02	13,67	0,09	0,61
CaO	0,21	0,72	2,41	0,67	0,85
Na <sub>2</sub> O	1,92	2,48	1,63	2,20	3,30
K <sub>2</sub> O	0,11	0,25	0,09	0,44	0,42
Li <sub>2</sub> O		1,55		1,27	0,30



F	0,98	0,92		0,10	0,76
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2,22	3,02	4,16	3,64	3,53
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0,19			0,08	
<b>Total</b>	<b>100,21</b>	<b>99,80</b>	<b>100,40</b>	<b>100,28</b>	<b>99,53</b>



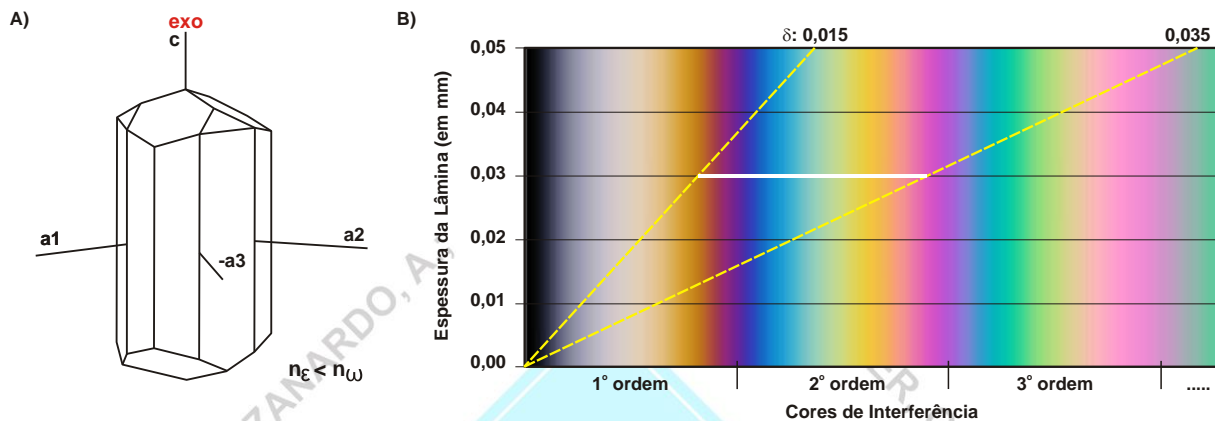
**Figura 4** – Fotomicrografias de seções delgadas. A), B) lâmina de pó de turmalina (elbaíta, variedade rubelita). C), D) lâmina de pó de turmalina (elbaíta, variedade turmalina paraíba). E), F) lâmina de pó de turmalina (schorlita). G), H) seção basal de turmalina. I), J), K), L) prismas de turmalina em metapelito. M), N) cristais de turmalina (turmalina granito). O), P) cristais de turmalina em turmalinito. Tur: turmalina. N.D. nicóis descruzados. N.C. nicóis cruzados.

**Propriedades diagnósticas:** hábito prismático, seção basal triangular a arredondada, fratura conchoidal, sem clivagem visível, estriação paralela ao eixo “c” e propriedades óticas (relevo moderado positivo, birrefringência moderada, dicroísmo, caráter ótico uniaxial (-) e alongação negativa). São ligeiramente atacados por HF; decompõem-se por fusão com carbonatos ou bissulfatos alcalinos. Normalmente apresentam efeito piroelétrico forte, também piezoelétrico. Os diferentes tipos de turmalina podem ser diferenciados pelo índice de refração, coloração, birrefringência, densidade, difração de raios X ou composição química. Cristais prismáticos finos e pequenos podem ser confundidos com hornblenda, entretanto distingue-se desta pela seção triangular a arredondada e pela ausência de clivagem. Petrograficamente distingue-se dos anfíbios verdes por apresentar alongação negativa, não apresentar clivagem e por ser uniaxial (-).

**Gênese:** a “turmalina” é um mineral muito comum (a turmalina mais comum é a schorlita). É comum em rochas metamórficas (metamorfismo regional), ocorrendo em metassedimentos (xistos, filitos, paragnaisses, etc.), em turmalinitos, ortognaisses, migmatitos, etc. É um mineral acessório muito comum em rochas metapelíticas e outros sedimentos aluminosos ricos em boro (sedimentos marinhos). Também é comum em rochas ígneas (granitos, pegmatitos, em alguns riolitos, etc.); em veios hidrotermais de alta temperatura e *greisens*; filões de quartzo; em



skarnitos, etc. Muito comum em sedimentos como mineral detrítico. Altera-se para muscovita, biotita, lepidolita; clorita, sericita e caulinita pela ação de soluções pneumatolíticas e/ou hidrotermais. Pode aparecer também em *pláceres*.



**Figura 5** – A) orientação ótica de cristal de turmalina. B) carta de cores mostrando o intervalo das cores de interferência e valores de birrefringência máxima ( $\delta = \omega - \epsilon$ ) de cristais de turmalina com espessura de 0,030 mm. exo: eixo ótico.

**Associação mineral:** ocorre associada as micas, clorita, feldspatos, quartzo, anfibólios, piroxênios, etc.

**Ocorrências:** no Brasil aparece em Teófilo Otoni, Jequitinhonha, Araçuaí, Governador Valadares; Malacacheta, Turmalina, Rubelita, Novo Cruzeiro, Itaporé, Rubim, Araquari, Santa Maria do Suaçuí, Itambacuri, Conselheiro Pena (MG); Encruzilhada, Itambé (BA); Perú (SP), etc.

**Variedades:** *Acroíta* (achroite) – var. de turmalina incolor ou branca. Do grego *a* (privado) + *khroa* (cor). *Afrizita* – var. de turmalina rica em Fe. (sin. *schorlita*). Do grego *aphrizein* (espumar), por se assemelhar a flocos de espuma (Caldas Aulete). *Esmeralda-Brasileira* - designação popular da turmalina verde (sin. *taltalita*, *verdelita*, *zeuxita*). *Indicolita* – var. de turmalina de cor azul-índigo, usada como gema, bastante rara (sin. *indigolita*, *turmalina paraíba*). Nome dado por José Bonifácio de Andrade e Silva. *Peridoto* – var. de turmalina de cor verde esmeralda ou a olivina usada como gema (sin. *peridoto-do-ceilão*, *peridoto-brasileiro*). Do francês arcaico *peridot*. *Pierrepontita* – var. de turmalina rica em ferro. *Rubelita* – var. de turmalina litífera de cor rosa a vermelha, usada como gema. Do latim *rubellus* (avermelhado). (sin. *elbaíta*<sup>2</sup>, *siberita*). *Rubicela* – var. de turmalina rosa ou vermelho-clara. De *rubacelle*, provavelmente diminutivo do francês *rubace*. *Safira-brasileira* – nome dado a turmalina azul, usada como gema. *Tsilaisita* – var. de turmalina muito rica em manganês. De Tsilaisina, República Malgaxe, onde ocorre. *Turmalina melancia* – var. de turmalina zonada, bicolor ou tricolor, sendo a parte central de cor vermelha e a borda de cor verde, podendo ter cor quase branca separando o verde do vermelho, é usada como gema. De melancia, por sua cor. *Verdelita* – var. de turmalina de cor verde (sin. *esmeralda-brasileira*).

**Usos:** é usado como gema; em estabilizadores de ondas (radiotécnica), detetores piezelétricos de explosões (tanto no ar como na água), na indústria de cosméticos e principalmente como gema (principalmente as turmalinas de cor amarelo-esverdeada, amarelo-mel, azul-escura, azul neon, vermelha e, sobretudo, verde-escura, verde esmeralda e rósea). As principais variedades gemológicas são: rubelita, verdelita, indicolita (turmalina paraíba), melancia, etc.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Betejtin, A. 1970. **Curso de Mineralogia (2º edición)**. Traduzido por L. Vládov. Editora Mir, Moscou, Rússia. 739 p.
- Betekhtin, A. 1964. **A course of Mineralogy**. Translated from the Russian by V. Agol. Translation editor A. Gurevich. Peace Publishers, Moscou, Rússia. 643 p.
- Bloodaxe, E. S.; Hughes, J. M.; Dyar, M. D.; Grew, E. S.; Guidotti, C. V. 1999. Linking structure and chemistry in the schorl-dravite series, Sample 108749. **American Mineralogist**, 84, p. 922-928.
- Branco, P. M. 1982. **Dicionário de Mineralogia (2º edição)**. Editora da Universidade (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), Porto Alegre, Brasil. 264 p.
- Branco, P. M. 2008. **Dicionário de Mineralogia e Gemologia**. Oficina de Textos, São Paulo, Brasil. 608 p.
- Dana, J. D. 1978. **Manual de Mineralogia (5º edição)**. Revisto por Hurlbut Jr., C. S. Tradução: Rui Ribeiro Franco. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Rio de Janeiro, Brasil. 671 p.





Deer, W. A., Howie, R. A., Zussman, J. 1981. **Minerais Constituintes das Rochas – uma introdução**. Tradução de Luis E. Nabais Conde. Fundação Calouste Gulbenkian, Soc. Ind. Gráfica Telles da Silva Ltda, Lisboa, Portugal. 558 p.

Deer, W. A., Howie, R. A., Zussman, J. 1986. **Rock-forming minerals. Disilicates and Ring Silicates – vol. 1B** (2 edition). Longman Scientific & Technical, London, United Kingdom. 629 p.

Gribble, C. D. & Hall, A. J. 1985. **A Practical Introduction to Optical Mineralogy**. George Allen & Unwin (Publishers) Ltd, London. 249 p.

Gribble, C. D. & Hall, A. J. 1992. **Optical Mineralogy Principles and Practice**. Chapman & Hall, Inc. New York, USA. 303 p.

Heinrich, E. W. 1965. **Microscopic Identification of minerals**. McGraw-Hill, Inc. New York, EUA. 414 p.

Hughes, J. M.; Koller, F.; Bernhardt, H. J.; Ludwig, T.; Brandstaetter, F.; Prowatke, S.; Schuster, R.; Ertl, A. 2004. Mn-rich tourmaline and fluorapatite in a Variscan pegmatite from Eibenstein an der Thaya, Bohemian massif, Lower Austria. **European Journal of Mineralogy** (1,1989-), 16, i.p. 551.

Kerr, P. F. 1965. **Mineralogia Óptica (3º edición)**. Traducido por José Huidobro. Talleres Gráficos de Ediciones Castilla, S., Madrid, Espanha. 432 p.

Klein, C. & Dutrow, B. 2012. **Manual de Ciências dos Minerais (23º edição)**. Tradução e revisão técnica: Rualdo Menegat. Editora Bookman, Porto Alegre, Brasil. 716 p.

Klein, C. & Hurlbut Jr., C. S. 1993. **Manual of mineralogy (after James D. Dana) (21º edition)**. Wiley International ed., New York, EUA. 681 p.

Klockmann, F. & Ramdohr, P. 1955. **Tratado de Mineralogia (2º edición)**. Versión del Alemán por el Dr. Francisco Pardillo. Editorial Gustavo Gili S.A., Barcelona, Espanha. 736 p.

Leinz, V. & Campos, J. E. S. 1986. **Guia para determinação de minerais**. Companhia Editorial Nacional. São Paulo, Brasil. (10º edição). 150 p.

Navarro, G. R. B. & Zanardo, A. 2012. **De Abelsonita a Zykaita – Dicionário de Mineralogia**. 1549 p. (inédito).

Navarro, G. R. B. & Zanardo, A. 2016. **Tabelas para determinação de minerais**. Material Didático do Curso de Geologia/UNESP. 205 p.

Nesse, W. D. 2004. **Introduction to Optical Mineralogy (3º edition)**. Oxford University Press, Inc. New York, EUA. 348 p.

Sinkankas, J. 1964. **Mineralogy for Amateurs**. Van Nostrand Reinhold Company, New York, EUA. 585 p.

Winchell, A. N. 1948. **Elements of Optical Mineralogy: an introduction to Microscopic Petrography, Part II. Descriptions of Minerals (3º edition)**. John Wiley & Sons, Inc., New York (3º edition). 459 p.

**sites consultados:**

[www.handbookofmineralogy.org](http://www.handbookofmineralogy.org)

[www.mindat.org](http://www.mindat.org)

[www.mineralienatlas.de](http://www.mineralienatlas.de)

<http://rruff.info>

[www.smorf.nl](http://www.smorf.nl)

[www.webmineral.com](http://www.webmineral.com)