

**SILLIMANITA** (sillimanite) - Mineral do Grupo dos Nesossilicatos. Polimorfo da andaluzita, cianita e mullita.  $Al_2SiO_5$  ou  $Al^{[6]}Al^{[4]}OSiO_4$ . Homenagem ao professor de química e mineralogia Benjamin Silliman (1779-1864).

**Cristalografia:** Ortorrômbico, classe bipiramidal-rômbica ( $2/m 2/m 2/m$ ). **Grupo espacial e malha unitária:**  $Pbnm$ ,  $a_0 = 7,44-7,4883\text{Å}$ ,  $b_0 = 7,59-7,6808\text{Å}$ ,  $c_0 = 5,75-5,7774\text{Å}$ ,  $Z = 4$ .

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

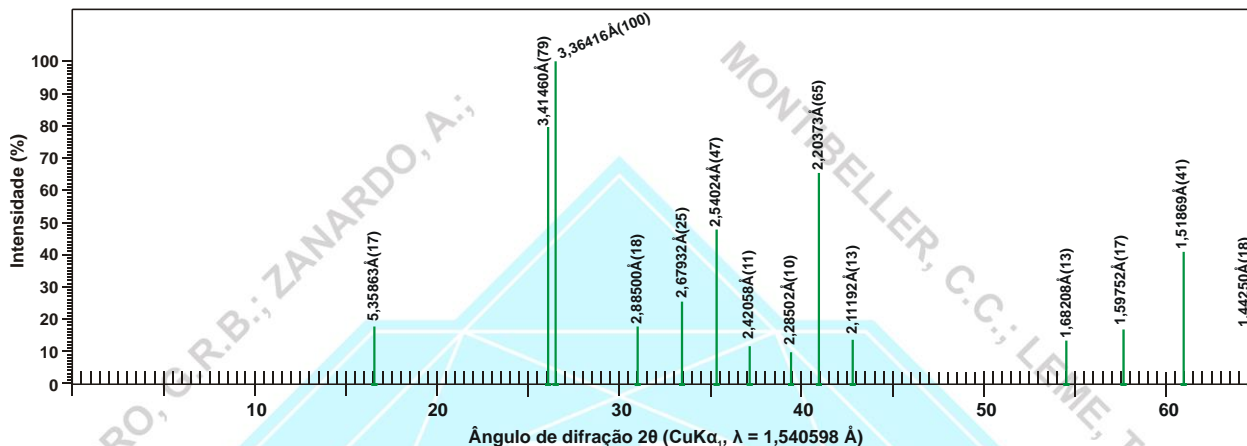


Figura 1 – posição dos picos principais da sillimanita em difratograma de raios X (modificado de Burnham, 1962).

**Estrutura:** a estrutura da sillimanita consiste em cadeias de octaedros de  $AlO_6$ , paralelas ao eixo “c”. Estes octaedros compartilham as arestas com os octaedros vizinhos, dipostos acima e abaixo. A ligação lateral entre as cadeias de octaedros é feita por cadeias de tetraedros alternantes de  $SiO_4$  e  $AlO_4$ . Desta forma, metade do Al dispõem-se em coordenação tetraédrica e outra metade em coordenação octaédrica.

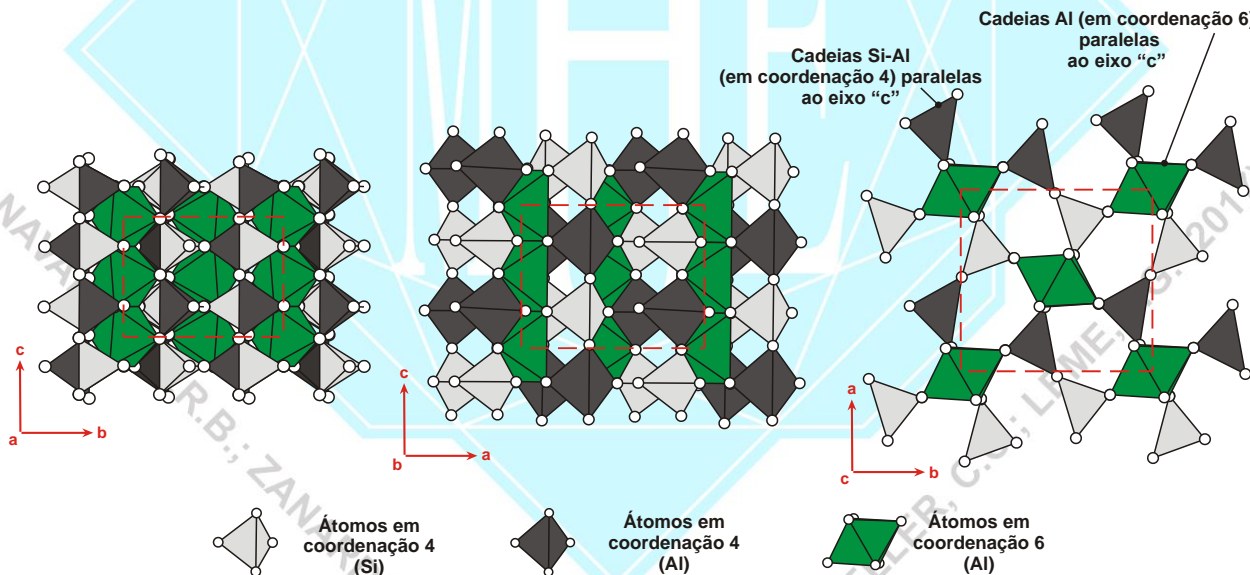


Figura 2 - estrutura da sillimanita. (modificado de Birle et al., 1968;  
[http://webmineral.com/jpowd/JPX/jpowd.php?target\\_file=Sillimanite.jp#WFGSA-SQyUK](http://webmineral.com/jpowd/JPX/jpowd.php?target_file=Sillimanite.jp#WFGSA-SQyUK)).

**Hábito:** os cristais são prismáticos (com seção transversal quadrada ou pseudo-rômbica), arredondados e estriados, pobremente terminados. Pode ser acicular. Também fibroso e raramente radial.

**Propriedades físicas:** uma direção de clivagem perfeita {010}; fratura: irregular; duro em agregados; Dureza: 6-7,5; densidade relativa: 3,23-3,24 g/cm<sup>3</sup>. Transparente a translúcido; incolor ou branco, marrom, cinzento ou verde claro, amarelo-verde, verde acinzentado, verde azulado, cor do traço: branco; brilho: sedoso a acetinado, vítreo a subadamantino.



**Propriedades óticas:** Cor: incolor em lâmina delgada. Relevo: moderado positivo,  $n >$  bálsamo ( $\alpha = 1,653-1,661$ ,  $\beta = 1,654-1,670$ ,  $\gamma = 1,669-1,684$ ). Pleocroísmo: as variedades coloridas, em lâminas espessas podem ser pleocróicas com X = castanho pálido ou amarelo pálido, Y = castanho ou verde, esverdeado claro, cinza verde, Z = castanho escuro, marrom ou azul. Orientação:  $\alpha = a$ ,  $\beta = b$ ,  $\gamma = c$ . Plano Ótico (PO): (010). As fibras e seções prismáticas mostram alongação positiva. Biaxial (+).  $\delta = 0,016-0,023$ .  $2V = 20^\circ-31^\circ$ . Dispersão: forte,  $r > v$ .

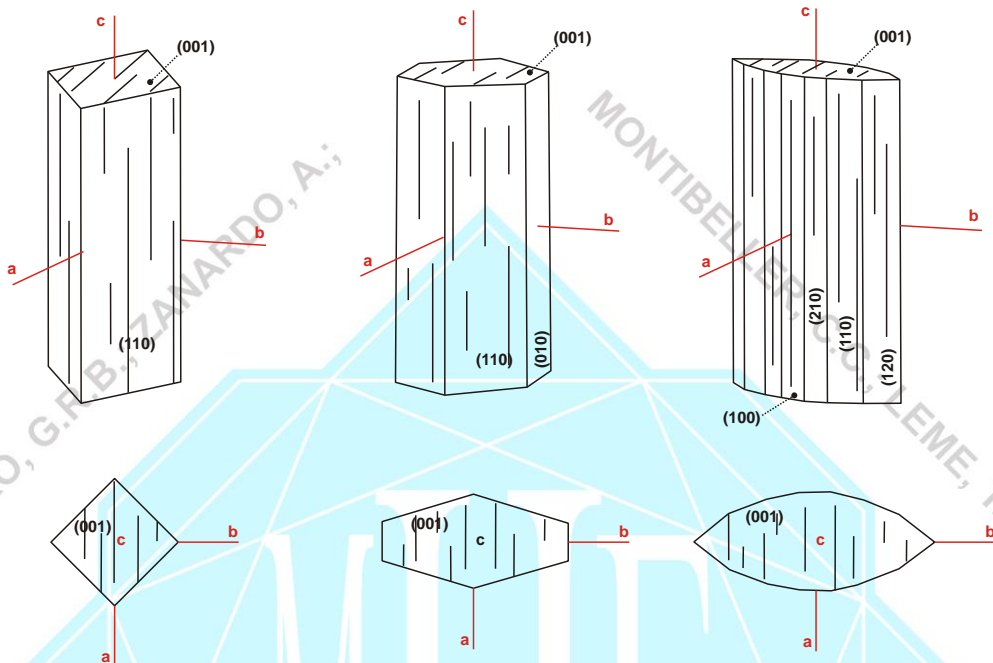


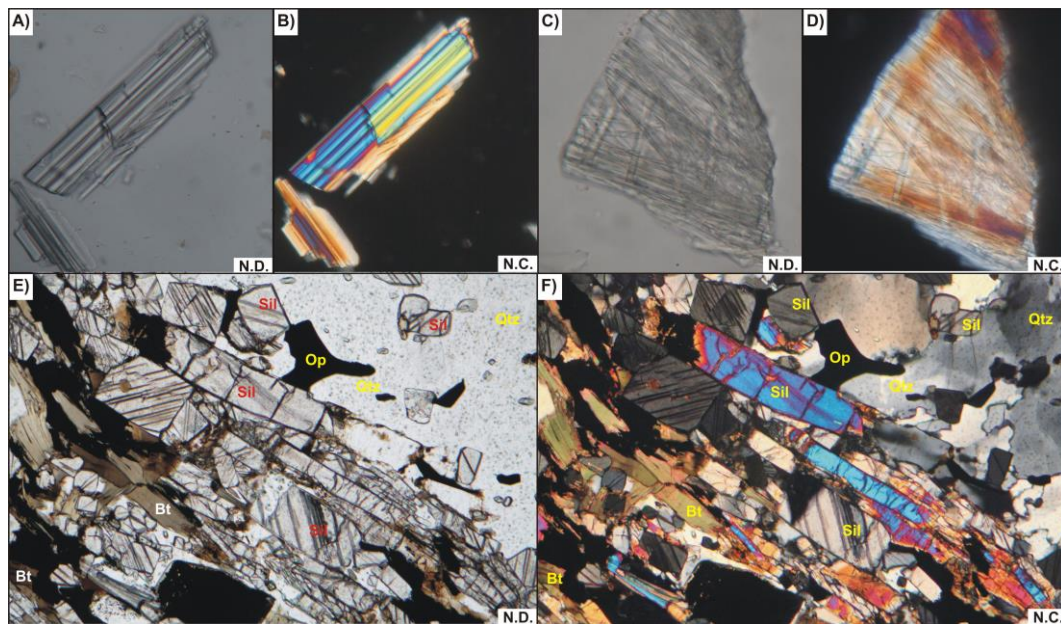
Figura 3 – cristais de sillimanita. (modificado de [www.smorf.nl](http://www.smorf.nl); [www.mineralienatlas.de](http://www.mineralienatlas.de)).

**Composição química:** Silicato de alumínio. A composição química é bastante constante, podendo apresentar pequena substituição do Al por  $Fe^{3+}$ , sendo que outros elementos obtidos em algumas análises podem representar impurezas. A água pode estar presente, como na variedade fibrolita, onde fica retida absorvida na massa fina e fibrosa de cristais. O número de átomos (cátions e ânions) por unidade de fórmula (a.p.u.f.) é calculado na base para 5 (O). (1)  $Al_2SiO_5$  (pura). (2) sillimanita (fibrolita) em metapelito associado a quartzo, plagioclásio, biotita, muscovita, andaluzita (Dalradian, Escócia). (3) sillimanita (fibrolita) xisto associada a muscovita, quartzo e óxidos de ferro (Broken Hill, Austrália). (4) sillimanita em granulito, associada a enstatita, cordierita, quartzo (Beitbridge, Zimbábue). (5) sillimanita em xenólito (vulcão Asama, Japão). (6) prismas incolores de sillimanita em gnaiss com e biotita (Romaine, Quebec, Canadá). (2), (3), (4), (5), (6) análises compiladas de Deer et al. (1997).

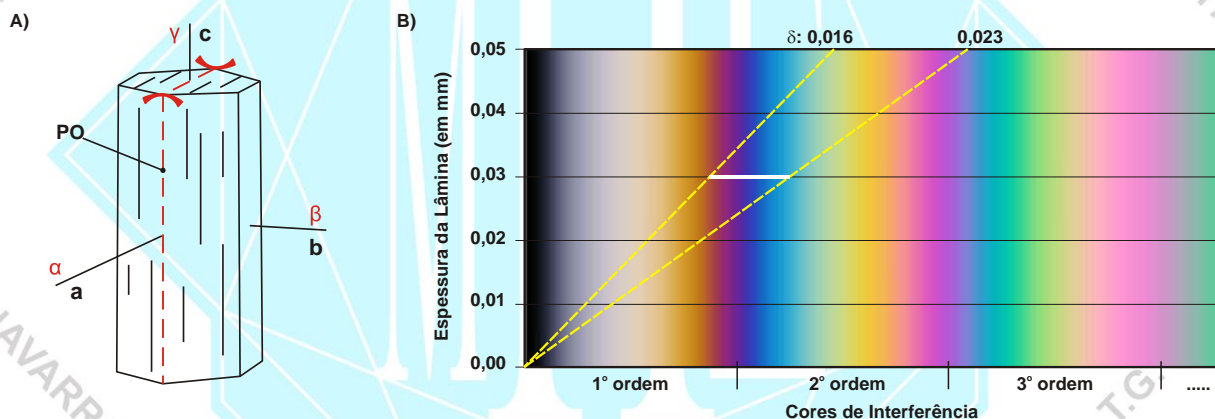
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
SiO <sub>2</sub>	37,08	36,8	36,61	37,05	35,60	36,70
TiO <sub>2</sub>		0,02	0,22	0,00	0,08	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	62,92	62,4	61,54	62,33	61,50	62,73
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,03			0,04	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,30	0,22	0,60	2,60	0,63
MgO			0,04	0,00	0,07	
CaO			0,40	0,00		
Na <sub>2</sub> O			0,06			
K <sub>2</sub> O			0,25			
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>			0,33			
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>			0,11			
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>99,6</b>	<b>99,93</b>	<b>99,98</b>	<b>99,9</b>	<b>100,66</b>

**Propriedades diagnósticas:** hábito, clivagem em uma direção paralela ao eixo “c”; seção basal rômbrica com clivagem na diagonal e propriedades óticas (ângulo 2V pequeno, caráter ótico biaxial (+), birrefringência moderada, relevo moderado e alongação positiva). É insolúvel em ácidos. A distinção entre a sillimanita e a mulita é difícil e faz-se melhor com a ajuda das dimensões da malha elementar ou das curvas de absorção de infravermelhos. Petrograficamente distingue-se da andaluzita por esta apresentar birrefringência menor, alongação negativa e 2V maior. Da cianita por esta ter caráter ótico biaxial (-), índice de refração maior, extinção oblíqua, 2V grande, birrefringência menor e por ter duas direções de clivagem. A dumortierita fibrosa com pleocroísmo fraco a ausente é semelhante a sillimanita; distinguindo-se desta por apresentar caráter ótico biaxial (-) e alongação negativa. Distingue-se do diásporo por este apresentar maior birrefringência e maior ângulo 2V.





**Figura 4** – Fotomicrografias de seções delgadas. A), B) lâmina de pó de cristais de sillimanita. C), D) agregado de cristais fibrosos de sillimanita. E), F) cristais de sillimanita paralelos ao eixo “c” e quase perpendiculares ao eixo “c” em seção delgada (metapélito de fácies granulito). Bt: biotita. Op: opacos. Qtz: quartzo. Sil: sillimanita. N.D. nicóis des cruzados. N.C. nicóis cruzados.



**Figura 5** – A) orientação ótica de cristal de sillimanita (modificado de Deer et al., 1981). B) carta de cores mostrando o intervalo das cores de interferência e valores de birrefringência máxima ( $\delta = \gamma - \alpha$ ) de cristais de sillimanita com espessura de 0,030 mm.

**Gênese:** mineral de origem metamórfica. É comum em rochas metamórficas aluminosas (metassedimentos pelíticos) submetidas a metamorfismo de temperatura média a alta e pressão baixa a média. Ocorre em xistos, gnaisses, *hornfels* e muito raramente em granitos. Os produtos de alteração incluem a muscovita, sericita, pirofilita, caulinita e montmorillonita e por inversão, sob condições de aumento de pressão litostática, pode ser convertida em distênio (cianita).

**Associação mineral:** ocorre associado a feldspatos (feldspatos potássicos e plagioclásios), granada, cordierita, quartzo, biotita, muscovita, ortopiroxênio, mais raramente junto a andaluzita e/ou cianita, etc.

**Ocorrências:** no Brasil ocorre nos estados da Bahia (na Chapada Diamantina, em Andaraí; em Érico Cardoso em Paramirim das Crioulas; em Paramirim na Serra da Mangabeira), Minas Gerais (na Chapada Diamantina; em Andrelândia; no Vale do Rio Doce em São José da Safira; no Quadrilátero Ferrífero em Itabira na mina Rocha Mineração; no Vale do Jequitinhonha em Coronel Murta e em Malacacheta; em rochas do Complexo Guaxupé; em rochas do Complexo Andrelândia), Paraíba (em Nova Palmeira no pegmatito Roncadeira), Rio de Janeiro (no Vale do Paraíba; em Saquarema), São Paulo (no Vale do Paraíba) e Rio Grande do Norte (em xistos da Formação Seridó; em Campo Redondo).

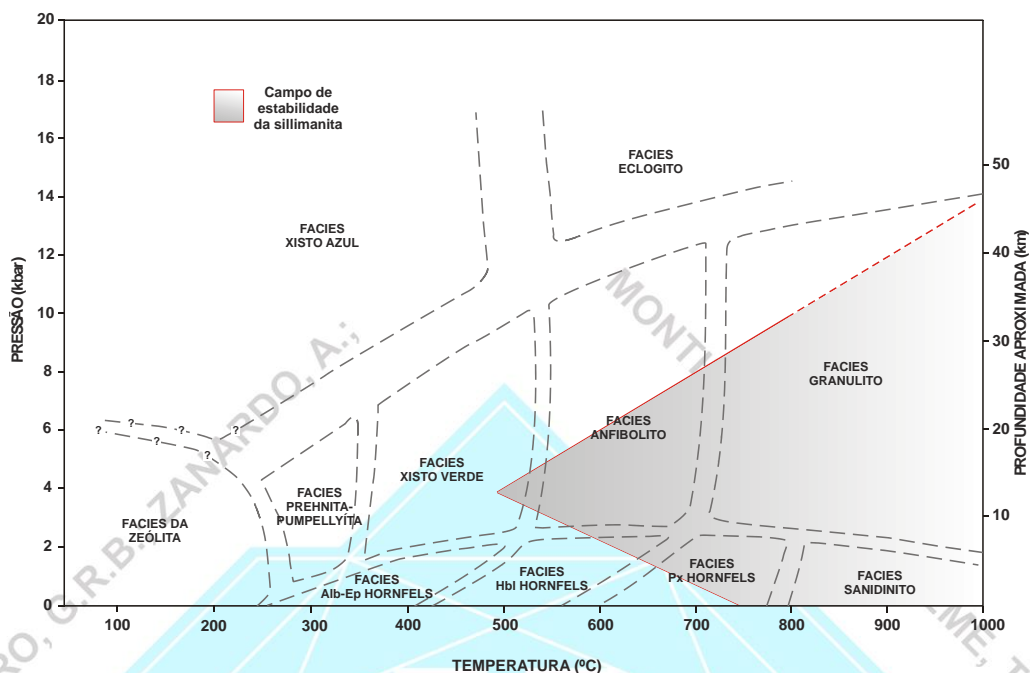


Figura 6 – gráfico P-T mostrando o campo de estabilidade da sillimanita (modificado de Yardley, 1989; Speer, 1993).

**Variiedades:** *Fibrolita* – var. de sillimanita fibrosa de granulação fina. Pode conter água que fica retida e é absorvida na massa fibrosa. *Jade* – termo frequentemente utilizado para designar vários minerais verdes, duros, como bowenita, saussurita, granada, sillimanita e serpentina. Do francês *jade*. *Porzita* – membro da série sillimanita-mullita, talvez idêntico a esta.

**Usos:** é usado na fabricação de materiais cerâmicos e refratários com alto ponto de fusão, baixo coeficiente de expansão, resistência à quebra e baixa condutividade elétrica. A sillimanita, quando fortemente aquecida, transforma-se em mullita ( $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$  ou  $Al_6Si_2O_{13}$ ). Bons exemplares podem ser usados como gemas.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Betejtin, A. 1970. **Curso de Mineralogia (2ª edição)**. 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.
- Branco, P. M. 1982. **Dicionário de Mineralogia (2ª 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.
- Burnham, C. W. 1962. Refinement of the crystal structure of sillimanite. **Carnegie Institution of Washington: Yearbook**, 1961, p. 135.
- Dana, J. D. 1978. **Manual de Mineralogia (5ª 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. 1997. **Rock-forming minerals. Orthosilicates – vol. 1A (2ª edição)**. The Geological Society Publishing House, London, Inglaterra. 919 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.



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. & Hurlburt 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/Mineralogia Sistemática/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.

Speer, F. S. 1993. **Metamorphic phase equilibria and Pressure-Temperature-time Paths (2 edition)**. Mineralogical Society of America, Washington, D.C., EUA. 799 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.

Winter, J. K. & Ghose, S. 1979. Thermal expansion and high-temperature crystal chemistry of the  $Al_2SiO_5$ , polymorphs,  $T = 25$  deg C. **American Mineralogist**, 64, p.573-586.

Yardley, B. W. D. 1989. **An introduction to Metamorphic Petrology**. Longman, New York: John Wiley, EUA. 248 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)