FORSTERITA (forsterite) - Mineral do Grupo dos Nesossilicatos. Grupo da Olivina. Polimorfo da ringwoodita e da wadsleyíta. Forma série com a faialita e a tefroíta. Mg_2SiO_4. Homenagem a Adolarius Jacob Forster (1739-1806), colecionador e comerciante de minerais.

Cristalografia: Ortorrômbico, classe bipiramidal-rômbica (2/*m* 2/*m* 2/*m*). **Grupo espacial e malha unitária:** *Pbnm*, a_o = 4,754-4,756Å, b_o = 10,195-10,1971Å, c_o = 5,9806Å, Z = 4.

Padrão de raios X do pó do mineral:

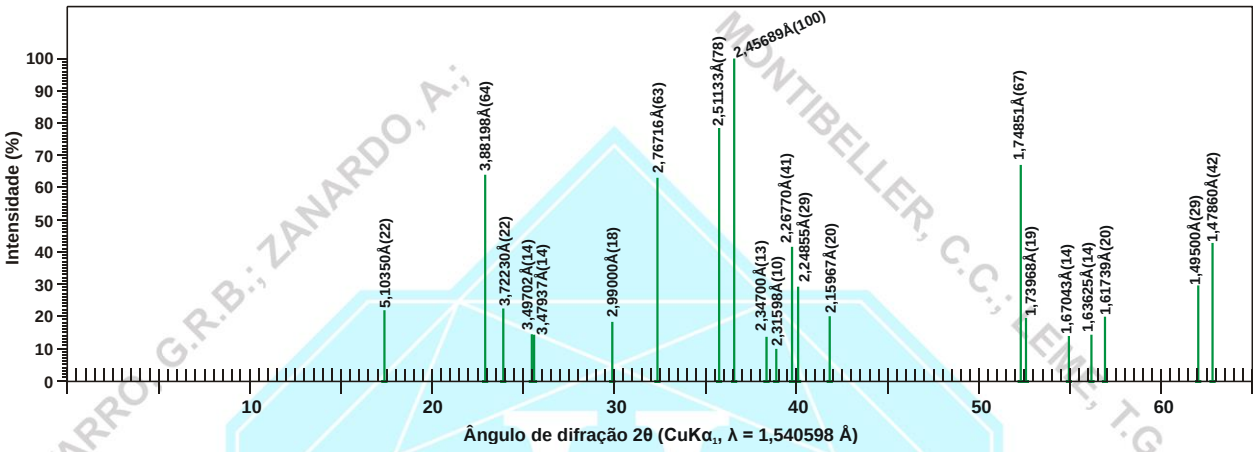

Figura 1 – posição dos picos principais da forsterita em difratograma de raios X (modificado de Hazen & Smyth, 1973).

Estrutura: na estrutura da forsterita, os átomos Mg (e os átomos de Fe^{2+}) estão em coordenação 6 com os átomos de oxigênio. A estrutura da forsterita pode ser idealizada como um empilhamento regular de camadas constituídas por tetraedros (SiO_4) e octaedros (de Mg e Fe^{2+}). Nesta estrutura, os tetraedros SiO_4 ocorrem como grupos independentes (isolados), com os vértices dos tetraedros apontando alternadamente para cima e para baixo, unidos a octaedros. As posições octaédricas podem estar ocupadas pelo Mg ou pelo Fe^{2+} (também pelo Mn, Ni, Al, Ti, Ca, etc.), em arranjo arbitrário, dando origem a uma série completa entre a forsterita e a faialita e uma série parcial (ou limitada) entre a forsterita e a tefroíta.

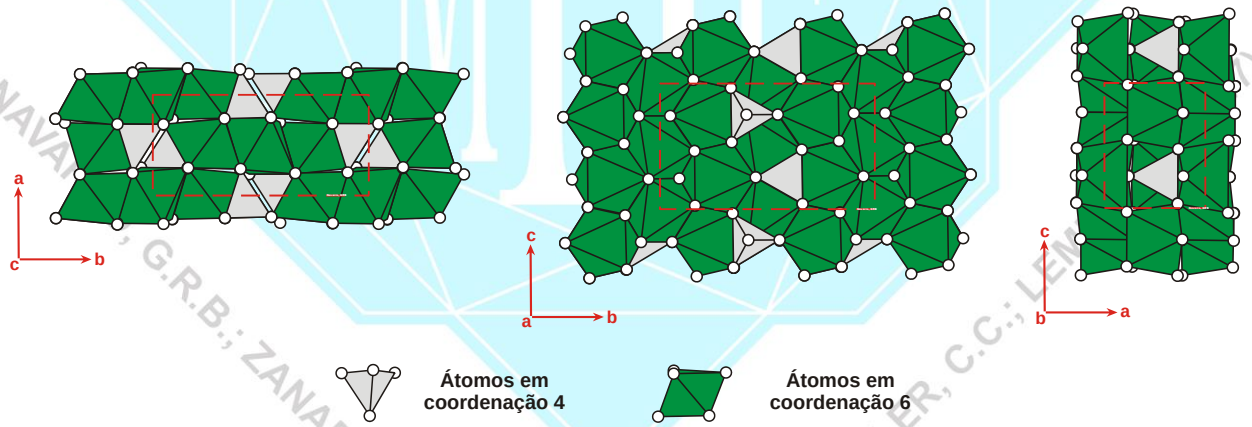

Figura 2 - estrutura da forsterita. (modificado de Birle et al., 1968; http://webmineral.com/jpowd/JPX/jpowd.php?target_file=Forsterite.jpx#.WE_gueSQyUk).

Hábito: normalmente granular ou maciço. Os cristais são euedrais ou subedrais, tipicamente grossos, com estriações paralelas à elongação, com terminações em forma de cunha. Geminação: em {100}, {011}, {012}.

Propriedades físicas: duas direções de clivagem imperfeitas {010} e {100} (difícil de observar, mesmo em lâmina delgada); fratura: conchoidal; quebradiço; Dureza: 7; densidade relativa: 3,22-3,275 g/cm^3 (a densidade aumenta com o aumento do teor de Fe^{2+} na série forsterita-faialita). Transparente a translúcido; normalmente verde ou amarelada, pode ser amarela limão, branca, acinzentada, azul-cinza; cor do traço: branco; brilho: vítreo.

Propriedades óticas: Cor: incolor em seção delgada. Relevo: moderado positivo a alto positivo, *n* > bálsamo (α = 1,635-1,730, β = 1,650-1,759, γ = 1,669-1,772). Orientação: α = *b*, β = *c*, γ = *a*. A elongação é positiva nas seções que mostram traços de clivagem. Plano ótico (PO): (001). Biaxial (+) (forsterita$_{100-88}$) ou Biaxial (-) (forsterita$_{88-50}$). 2V = 82º-

Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução.
Para solicitar autorização de uso ou reprodução, entrar em contato com o Museu Heinz Ebert através do site www.museuhe.com.br

90º (+), 74º-82º (-). δ = 0,033-0,042. Dispersão: fraca, *r* > *v* (-) ou *r* < *v* (+). Os índices de refração e o 2V aumentam com o aumento do teor de Fe^{2+} na série forsterita – faialita e passa a apresentar leve pleocroísmo.

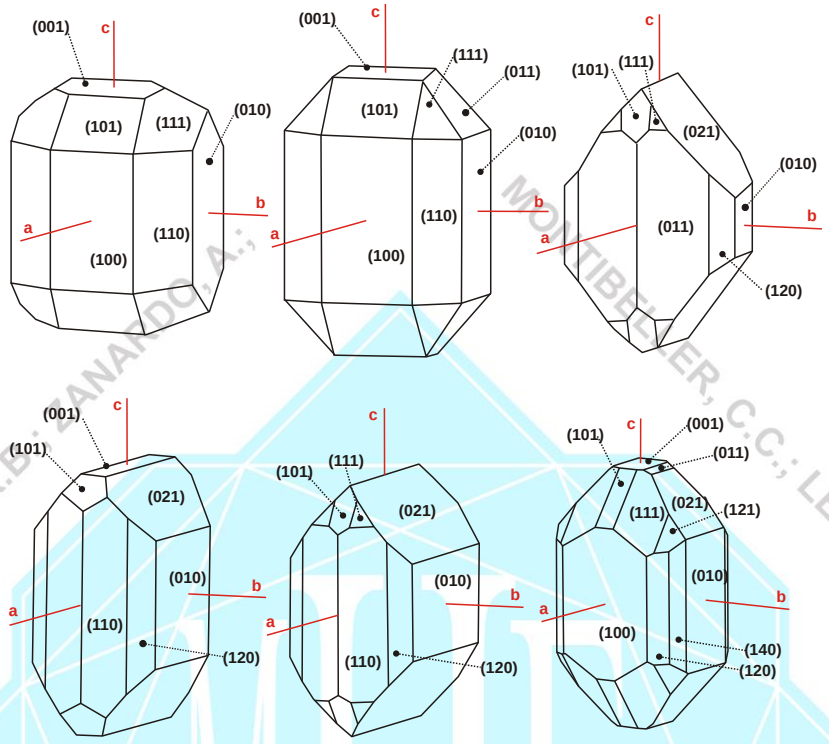

Figura 3 – cristais de forsterita. (modificado de www.smorf.nl; www.mineralienatlas.de).

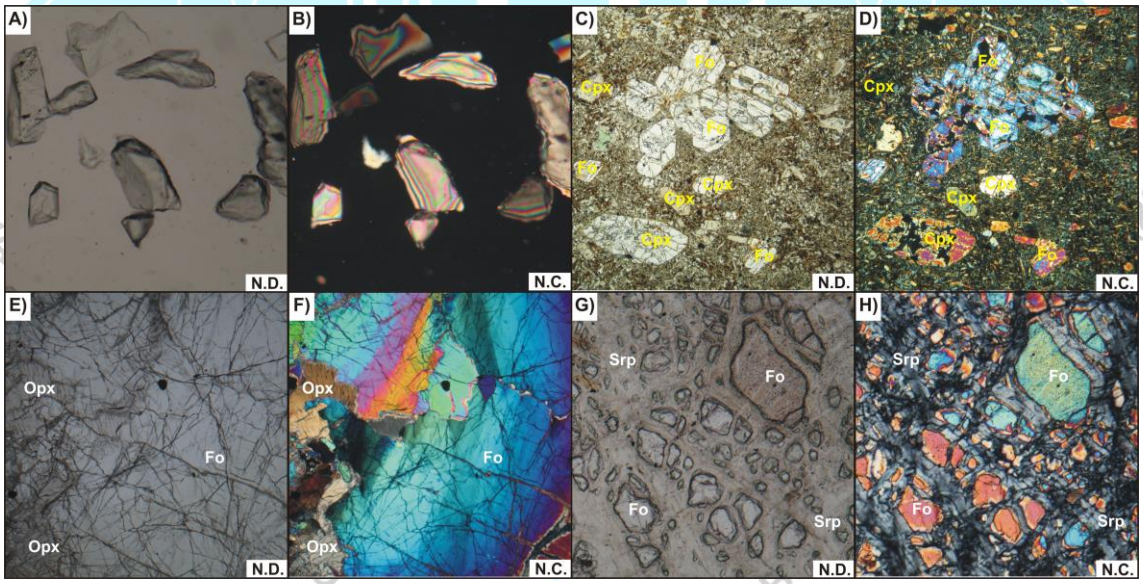

Figura 4 – Fotomicrografias de seções delgadas. A), B) lâmina de pó de forsterita. C). D) cristais eudrais de forsterita em basalto. E), F) cristais de forsterita em dunito. G), H) cristais de forsterita parcialmente serpentinizados. Fo: forsterita. Opx: ortopiroxênio. Cpx: clinopiroxênio. Srp: serpentina. N.D. nicóis descruzados. N.C. nicóis cruzados.

Composição química: Silicato de magnésio, contém pequenas quantidades de Fe e Mn. Frequentemente contém pequena quantidade Ni. Pequenas quantidades de Ca também podem estar presentes. O número de átomos (cátions e ânions) por unidade de fórmula (a.p.u.f.) é calculado na base para 4 (O). (1) Mg_2SiO_4. (2) forsterita em peridotito komatiítico (Barbeton Mountain Land, África do Sul). (3) forsterita em dunito (Little Castle Creek, Califórnia, EUA). (4) crisólita em álcali-olivina basalto (vulcão Kirikiripu, Nova Zelândia). (5) hialossiderita em grabro (intrusão Skaergaard, Groenlândia). (6) forsterita em serpentinito (Pontalina, Goiás, Brasil). (2), (3), (4), (5) análises compiladas de Deer et al. (1997).

Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução.
Para solicitar autorização de uso ou reprodução, entrar em contato com o Museu Heinz Ebert através do site www.museuhe.com.br

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
SiO_2	42,71	41,41	40,84	39,12	34,94	40,91
TiO_2		0,0	0,04	0,03	0,04	0,01
Al_2O_3		0,0	0,19	0,74	0,08	0,00
Cr_2O_3		0,18		0,02		
Fe_2O_3		0,0	0,13	0,97		
FeO		6,27	8,18	13,20	39,52	6,82
MnO		0,12	0,17	0,13	0,38	0,14
NiO		0,51	0,19	0,44		0,02
MgO	57,29	51,61	30,27	44,37	24,75	50,03
CaO		0,19		0,25	0,12	0,00
Na_2O				0,01	0,13	0,01
K_2O				0,00	0,08	0,00
H_2O^+			0,37	0,20		
H_2O^-				0,16		
Total	100	100,29	100,38	99,64	100,14	97,93

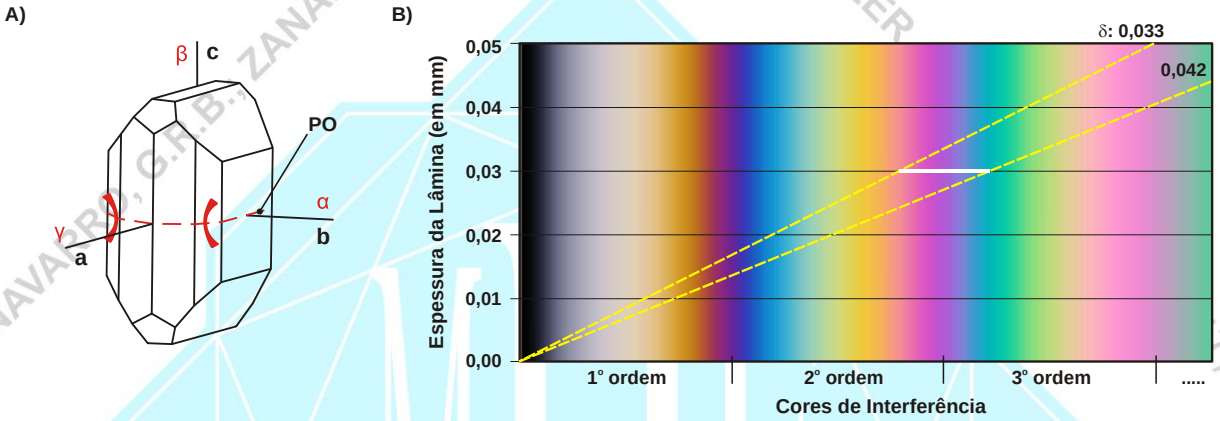

Figura 5 – A) orientação ótica de cristal de forsterita (modificado de Deer et al., 1981). B) carta de cores mostrando o intervalo das cores de interferência e valores de birrefringência máxima ($\delta = \gamma - \alpha$) de cristais de forsterita com espessura de 0,030 mm.

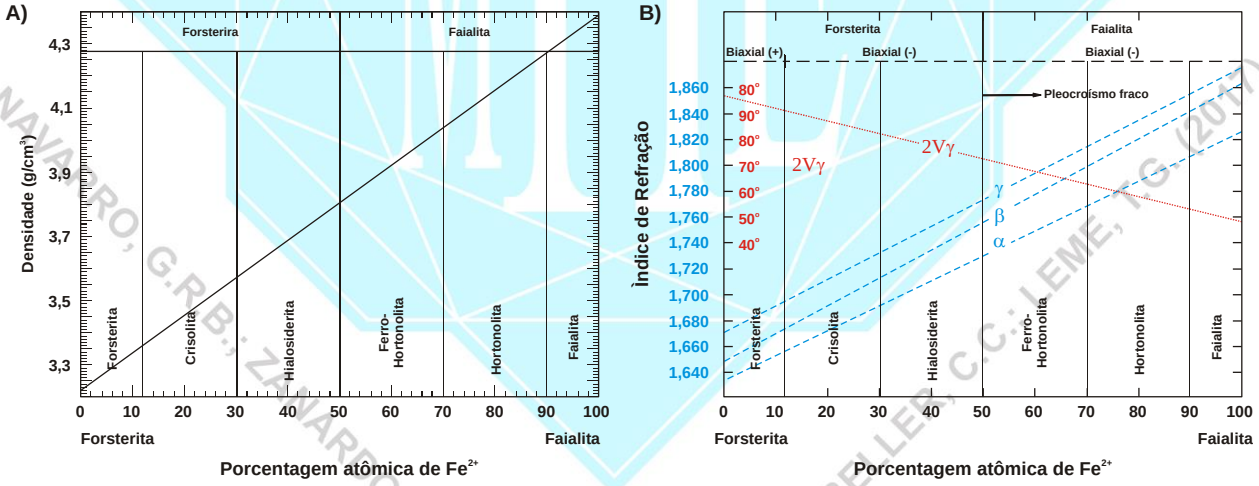

Figura 6 – A) variação da densidade na série forsterita – faialita. B) variação do índice de refração e do 2V na série forsterita – faialita (modificado de Deer et al., 1981).

Propriedades diagnósticas: a cor (normalmente verde, verde oliva, amarelada), o hábito granular, forma dos cristais (cristais bipiramidais com terminações em forma de cunha), a divisibilidade onde predomina a fratura conchoidal e a alteração gerando talco, serpentina, carbonato, anfibólio, clorita e argilo-minerais (saponita, iddingsita, xilotilo, garnierita, nontronita, etc.). É lentamente solúvel em HCl. Ponto de Fusão = 1.890ºC. Petrograficamente distingue-se da faialita por esta apresentar índices de refração maiores e 2V menor. Distingue-se da tefroíta por esta apresentar pleocroísmo, pela gênese e associação mineralógica (a tefroíta ocorre em sequências metassedimentares ricas em manganês associada a minerais manganesíferos como espessartita, rodonita, rodocrosita, etc.). Distingue-se dos piroxênios por não apresentar clivagem bem nítida (os piroxênios possuem duas direções de clivagem), ter birrefringência maior e frequente alteração. Da monticellita e dos minerais do grupo da humita, pela birrefringência mais elevada e pela extinção reta (a condrodita e a clinohumita, possuem extinção inclinada em relação a clivagem ou

Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução.
Para solicitar autorização de uso ou reprodução, entrar em contato com o Museu Heinz Ebert através do site www.museuhe.com.br

geminação). As forsteritas ricas em ferro distinguem-se do epidoto pelo pleocroísmo menor, por não apresentar clivagem nítida e por apresentar extinção reta (o epidoto possui extinção inclinada em relação a clivagem).

Gênese: mineral muito comum de origem ígnea. Ocorre em rochas máficas e ultramáficas vulcânicas ou plutônicas (gabros, diabásios, basaltos, dunitos, piroxenitos, lamproítos, kimberlitos, etc). É a primeira olivina a cristalizar a partir de uma fusão (magma). Forma-se como resultado de metamorfismo (de contato e/ou regional de temperatura alta) de calcários dolomíticos impuros, mármores e rochas magmáticas ultrabásicas a básicas. Altera-se para serpentina, talco, argilominerais, por meio de processos metamórficos. Com a alteração e lixiviação do MgO e do SiO_2, pode formar a garnierita, importante mineral de minério de Ni. Constitui-se em produto comum em escória de alto forno.

Associação mineral: ocorre associado a piroxênios (enstatita, diopsídio, augita, etc), plagioclásio, flogopita, magnetita, cromita, antigorita, dolomita, brucita, calcita, espinélio, etc.

Ocorrências: no Brasil é encontrado nos maciços básicos ultrabásicos de Goiás, Pien (PR), Liberdade, Conceição do Serro (MG); no carbonatito em Jacupiranga (SP); em basaltos da Bacia do Paraná; e em mármores submetidos a metamorfismo de alto grau, como em Tapiratiba (SP) e no Espírito Santo, etc.

Variedades: *Boltonita* – var. de forsterita granular, de cor esverdeada ou amarelada. De *Boltran*, Massachussets (EUA). *Crisólita* - var. de forsterita de cor verde esmeralda usada como gema. Do grego *khrysos* (ouro) + gregho *lithos* (pedra). (sin. *peridoto*). *Havaiíta* - var. de forsterita verde-clara, que ocorre nas ilhas do Havai (EUA), daí o nome. É usada como gema. *Hialossiderita* – var. de forsterita de cor verde-oliva, com considerável quantidade de ferro. Do grego *hyalos* (vidro) + *sideros* (ferro).

Usos: as variedades límpidas de boa coloração são usadas como gema e o concentrado de olivina é usado como fundente em siderurgia, e na fabricação de revestimentos cerâmicos. Cabe ressaltar que os depósitos de níquel laterítico provêm da alteração de rochas ricas em olivina e que processos metamórficos e/ou hidrotermais sobre rochas ricas em olivina podem gerar depósitos de amianto, serpentina e talco.

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.

Birle, J. D.; Gibbs, G. V.; Moore, P. B.; Smith, J. V. 1968. Crystal structures of natural olivines. **American Mineralogist**, 53, p. 807-824.

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. 642 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 (2º edition)**. 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.

Hazen, R. M. & Smyth, J. R. 1973. The Crystal Structures of Forsterite and Hortonolite at several Temperatures up to 900C. **American Mineralogist**, 58, i.p. 588.

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.

Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução.
Para solicitar autorização de uso ou reprodução, entrar em contato com o Museu Heinz Ebert através do site www.museuhe.com.br

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. & Hulburt 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 Zykaíta – 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.

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
www.mindat.org
www.mineralienatlas.de
http://rruff.info
www.smorf.nl
www.webmineral.com

Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução.
Para solicitar autorização de uso ou reprodução, entrar em contato com o Museu Heinz Ebert através do site www.museuhe.com.br