

GRANADA (garnet) – Mineral do Grupo dos Nessesilicatos. $(Ca, Mg, Fe^{2+}, Mn)_3(Al, Fe^{3+}, Mn, Cr, Ti^{4+})_2(SiO_4)_3$. Do latim *granulatus* (granulado), por ocorrerem frequentemente em grãos. O termo “granada” é usado para designar genericamente os minerais almandina, piropo, espessartita e grossulária (granadas mais comuns) e também andradita e uvarovita. Os minerais do grupo das granadas incluem além da grossulária $(Ca_3Al_2(SiO_4)_3)$, do piropo $(Mg_3Al_2(SiO_4)_3)$, da almandina $(Fe^{2+}_3Al_2(SiO_4)_3)$, da espessartita $(Mn^{2+}_3Al_2(SiO_4)_3)$, da andradita $(Ca_3Fe^{3+}_2(SiO_4)_3)$ e da uvarovita $(Ca_3Cr_2(SiO_4)_3)$, a calderita $((Mn^{2+}, Ca)_3(Fe^{3+}, Al)_2(SiO_4)_3)$, a knorringuita $(Mg_3Cr_2(SiO_4)_3)$, a majorita $(Mg_3(Fe, Al, Si)_2(SiO_4)_3)$, a schorlomita $(Ca_3(Ti, Fe^{3+}, Al)_2[(Si, Fe^{3+}, Fe^{2+})O_4]_3)$, a moromotoíta $(Ca_3TiFe^{2+}Si_3O_{12})$, a yamotoíta $((Mn^{2+}, Ca)_3(V^{3+}, Al)_2(SiO_4)_3)$, a goldmanita $(Ca_3(V, Al, Fe^{3+})_2(SiO_4)_3)$, a kimzeyíta $(Ca_3(Zr, Ti)_2(Si, Al, Fe^{3+})_3O_{12})$, a henritermierita $(Ca_3(Mn, Al)_2(SiO_4)_2(OH)_4)$, a hibschita $(Ca_3Al_2(SiO_4)_{3-x}(OH)_{4x}$, onde $x = 0,2-1,5$), a katoíta $(Ca_3Al_2(SiO_4)_{3-x}(OH)_{4x}$, onde $x = 1,5-3$) e a hidrougrandita $((Ca, Mg, Fe^{2+})_3(Fe^{3+}, Al)_2(SiO_4)_{3-x}(OH)_{4x})$. As granadas comuns são de origem metamórfica e mais raramente de origem ígnea, e correspondem a uma solução sólida entre almandina, piropo, espessartita, grossulária, andradita e uvarovita. A kimzeyíta e a goldmanita são consideradas variedades de almandina. A henritermierita, hibschita, katoíta, hidrougrandita são variedades de hidrogrossulárias.

Cristalografia: as granadas são isométricas, classe hexaocáedrica $(4/m \bar{3} 2/m)$. **Grupo espacial e malha unitária:** $Ia\bar{3}d$, $a_0 = 11,459-12,145\text{Å}$ (varia em função do tipo da granada), $Z = 8$.

Padrão de raios X do pó do mineral das principais granadas: a posição dos picos principais nos difratogramas de raios X varia em função do tipo de granada (ver almandina, andradita, espessartita, grossulária, piropo e uvarovita).

Estrutura: a estrutura das granadas contém oito unidades de fórmula química. Nela, os tetraedros SiO_4 ocorrem como grupos independentes (isolados) unidos a octaedros de íons trivalentes (Al, Fe^{3+} e Ti), constituindo uma rede de octaedros e tetraedros. Os íons bivalentes (Fe^{2+} , Mg, Mn, Ca) estão posicionados nos interstícios no interior da rede de tetraedros-octaedros, sendo que cada íon bivalente está rodeado por oito oxigênios. O arranjo estrutural apresenta-se de tal modo que, nos planos $\{100\}$ e $\{111\}$ existe uma menor densidade atômica, fazendo com que a forma mais comum de cristalização desses minerais seja a dodecaédrica.

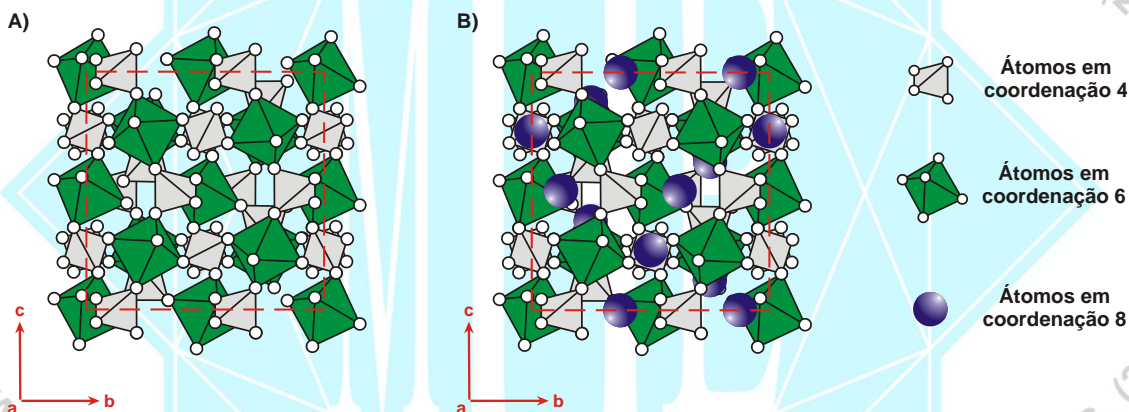


Figura 1 - estrutura das granadas. A) rede de octaedros – tetraedros. B) rede de octaedros – tetraedros com átomos bivalentes intersticiais (em coordenação 8). (modificado de Novak & Gibbs, 1971; http://webmineral.com/data/Almandine.shtml#.WM_6RuQ2y70).

Hábito: granular, compacto, maciço, ou como grãos arredondados. Normalmente forma cristais dodecaédricos e trapezoédricos, muitas vezes em combinação. Muito raramente ocorre formando octaedros, cubos ou hexaocáedros.

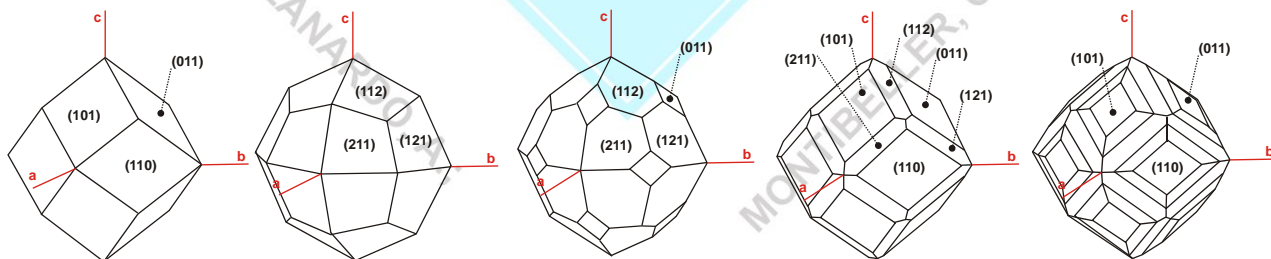


Figura 2 – cristais de granadas. (modificado de www.smorf.nl; www.mineralienatlas.de).

Propriedades físicas: sem clivagem; fratura: irregular a conchoidal; quebradiço; Dureza: 6,5-7,5; densidade relativa: 3,4-4,3 g/cm^3 . Transparente ou quase; cor variável, vermelho, marrom, amarelo, verde, branco e preto; cor do traço: branco; brilho: vítreo a resinoso.



Propriedades óticas: Cor: incolor, rósea, amarela ou castanha em seção delgada. Relevo: alto positivo a muito alto positivo, $n >$ bálsamo ($n = 1,705-1,895$). Isotrópico. As granadas cálcicas (ugranditas = uvarovita, grossulária e andradita), frequentemente apresentam anisotropia e podem apresentar também geminação.

- **almandina:** Cor: incolor, rósea, amarela ou castanha, em seção delgada. $n = 1,770-1,820$. Anomalmente biaxial. Dispersão: fraca.

- **andradita:** Cor: incolor, róseo, amarelo ou castanho em seção delgada. $n = 1,870-1,895$. Tipicamente fracamente anisotrópico.

- **espessartita:** Cor: rosa claro a marrom claro em seção delgada, pode ser zonado. $n = 1,790-1,810$. Pode mostrar fraca anisotropia. Dispersão fraca.

- **grossulária:** Cor: incolor em seção delgada. $n = 1,734-1,770$. Pode apresentar birrefringência fraca por deformação.

- **piropo:** Cor: incolor a rosa em seção delgada. $n = 1,705-1,770$.

- **uvarovita:** Cor: verde em seção delgada, pode ser zonada. $n = 1,860-1,870$. Anisotropia fraca resultante de deformação interna é típica.

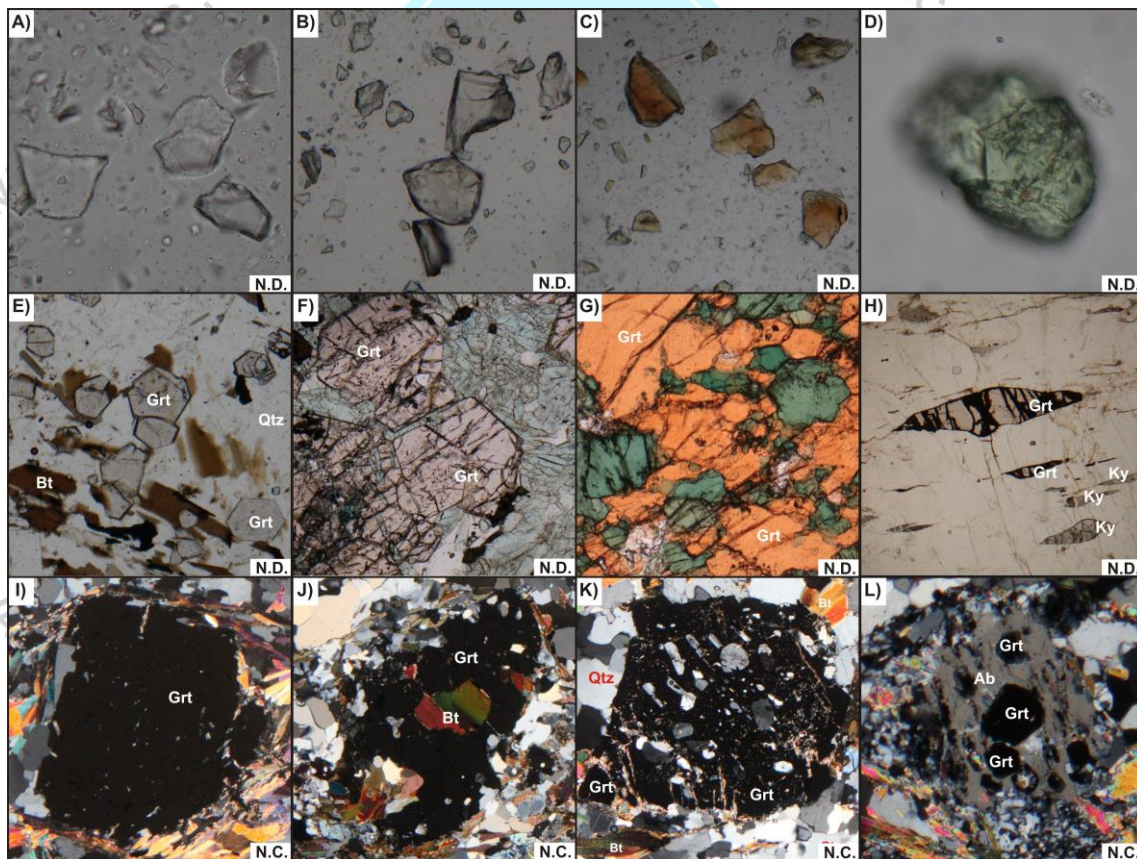


Figura 3 – Fotomicrografias de seções delgadas. A), B), C), D) lâminas de pó de granada. E) cristais de granadas idioblásticas (gnaiss, fácies anfibolito). F), G) cristais de granada em eclogito. H) cristal de granada estirado (quartzito, fácies anfibolito superior/granulito, Grupo Araxá). I) porfiroblasto de granada (metapelito, fácies anfibolito). J) porfiroblasto de granada com inclusão de biotita. K) granada poiquiloblástica (inclusões de plagioclásio, quartzo, opacos e rutilo). L) cristais de granada inclusos em porfiroblasto de plagioclásio (metapelito de fácies xisto verde). Ab: albita. Bt: biotita. Grt: granada. Qtz: quartzo.

Composição química: quimicamente as granadas correspondem a silicatos de alumínio, ferro, magnésio, cálcio, manganês e titânio. É um grupo de minerais com fórmula geral $B^{2+}_3C^{3+}_2(ZO_4)_3$, onde **B** = é a posição de coordenação 8 (cúbica com o oxigênio), ocupada por átomos bivalentes (Ca, Mg, Fe^{2+} e/ou Mn^{2+}); **C** = é a posição de coordenação 6 (octaédrica com o oxigênio), ocupada por átomos trivalentes (Al, Fe^{3+} , Mn e/ou Cr^{3+} , Ti e raramente V); e **Z** = é a posição de coordenação 4 (tetraédrica com o oxigênio), ocupada geralmente Si, e mais raramente Al e Ti. Segundo a composição química das granadas, estas podem ser agrupadas em dois grupos principais: pirlspita (termo derivado de *piropo* + *almandina* + *espessartita* + *ita*) e ugrandita (termo derivado de *uvarovita* + *grossulária* + *andradita* + *ita*). No grupo das granadas pode ocorrer a substituição parcial de SiO_4 por $(OH)_4$ gerando as hidrogranadas, em



especial a hidrogrossulária. A entrada do Ti^{4+} na posição C, concomitantemente com a substituição do Ca^{2+} pelo Na⁺ na posição B, forma a melanita (schorlomita - $(Ca,Na)_3(Fe,Ti)_2(SiO_4)_3$).

Normalmente, as granadas correspondem a uma solução sólida entre os termos extremos, predominando uma molécula, que determina o nome da espécie. A maioria das granadas metamórficas comuns são soluções sólidas entre os membros finais: almandina, piropo, grossulária e espessartita. Na estrutura das granadas, as principais substituições nos principais membros extremos são: $Fe \leftrightarrow Ca$, $Ca \leftrightarrow Mn$, $Ca \leftrightarrow Mg$, $Fe \leftrightarrow Mn$, $Fe \leftrightarrow Mg$, $Mg \leftrightarrow Mn$. Entre estes membros, com exceção das substituições de Ca (por Fe, Mg e Mn), as soluções sólidas são relativamente ideais. Todas as substituições entre estes membros finais ocorrem na posição B (trocas entre Ca, Mg, Fe ou Mn).

As soluções sólidas entre almandina - espessartita e entre piropo e grossulária são comuns em xistos de baixo a médio grau. A molécula de piropo é favorecida a pressões altas, especialmente na facies eclogito. Granadas ricas em moléculas de grossulária e andradita são mais comuns em rochas calciossilicatadas (ambientes ricos em Ca), sendo que o teor de grossulária em rochas metamórficas também relaciona-se com gradiente de pressão.

Petrogeneticamente as granadas são importantes, pois preservam em alguns casos, um registro da história metamórfica de sua formação, através de zoneamento geoquímico e inclusões de outros minerais, além de fornecer informações relativas à composição química e ambiente termodinâmico. O número de átomos (cátions e ânions) por unidade de fórmula (a.p.u.f.) é calculado na base para 12 ou 24 (O). (1) almandina em clorita xisto (Falun, Suécia). (2) piropo em eclogito (Cerrin, Morávia). (3) piropo em kimberlito (mina Wesselton, África do Sul). (4) grossulária em skarn (Monmouth Township, Ontário, EUA). (5) espessartita em skarn (Devonshire, Inglaterra). (6) andradita. (7) uvarovita em minério de cromo (mina Kalrangi, Índia). (8) schorlomita em melteigito (Kuusamo, Finlândia). (9) hidrogrossulária em skarn (Kushiro, Japão). (1), (2), (3), (4), (5), (6), (7), (8), (9) análises compiladas de Deer et al. (1997).

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
SiO ₂	37,39	41,97	41,5	37,87	36,24	35,38	32,44	27,67	26,93
TiO ₂	0,16	0,24	0,16	0,70	0,28	0,00	0,07	14,20	0,04
Al ₂ O ₃	20,72	21,73	19,1	18,30	20,36	0,12	8,90	3,05	22,67
Cr ₂ O ₃		0,72	5,55				21,96		
Fe ₂ O ₃	0,83	2,36		5,20	1,80	31,58	1,33	19,28	1,46
FeO	36,37	6,17	8,30	5,71	2,90	0,37	0,54	3,62	0,34
MnO	0,86	0,97	0,59	0,36	30,45	0,22	0,05	0,22	0,02
MgO	3,85	20,45	19,3	0,62	3,29	0,21	13,02	tr.	3,86
CaO	0,41	5,52	5,55	29,63	4,45	31,24	18,82	31,08	33,43
Na ₂ O						0,03		0,62	0,35
K ₂ O								0,20	0,0
H ₂ O					0,04	0,11	0,16		10,78
Total	100,59	100,15	100,05	100,37	99,84	99,45	100,17	100,05	99,88

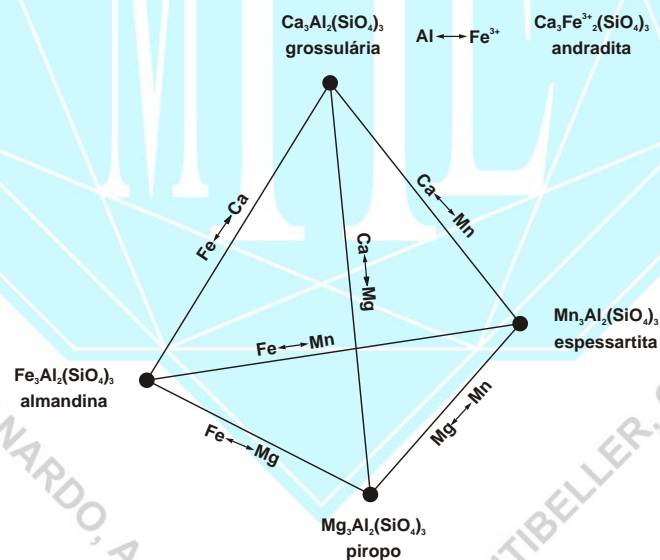


Figura 4 – principais substituições nos principais membros do grupo das granadas. (modificado de Spear, 1993).

Para o cálculo da fórmula química das granadas deve-se seguir o seguinte procedimento:

- preencher Z (posição tetraédrica), usando todo o silício (Si^{4+}) até atingir 6,0. Caso o conteúdo de silício seja menor que 6,0, somar Al até a soma dos cátions ser igual a 6,0;
- preencher C (posição octaédrica), usando todo o Al que sobrou do preenchimento da posição Z. Se o valor de Al for menor que 4, somar Cr, Ti^{4+} , e Fe, até a soma chegar a 4,0;
- preencher B (posição cúbica), usando o Mg, Fe^{2+} , Mn^{2+} e Ca, e depois adicionar Na e K até a soma atingir 6,0. Se a soma ficar longe de 6,0, deve-se suspeitar dos resultados da análise. Normalmente a soma dos óxidos das análises



químicas das granadas são muito próximas a 100, caso a soma seja inferior a 99 ou maior que 101, desconfiar da análise. O teor de cada molécula é calculado segundo as expressões:

almandina ($\text{Fe}^{2+}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$)	% de almandina = $[\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Ca}+\text{Mg}+\text{Mn})]*100$
grossulária ($\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$)	% de grossulária = $[\text{Ca}/(\text{Fe}+\text{Ca}+\text{Mg}+\text{Mn})]*100$
piropo ($\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$)	% de piropo = $[\text{Mg}/(\text{Fe}+\text{Ca}+\text{Mg}+\text{Mn})]*100$
essessartita ($\text{Mn}^{2+}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$)	% de essessartita = $\{[\text{Mn}/(\text{Fe}+\text{Ca}+\text{Mg}+\text{Mn})]*100\} - (\% \text{ de andradita}) - (\% \text{ de uvarovita})$
andradita ($\text{Ca}_3\text{Fe}^{3+}_2(\text{SiO}_4)_3$)	% de andradita = $[\text{Fe}^{3+}/(\text{Fe}+\text{Cr}+\text{Al})]*100$
uvarovita ($\text{Ca}_3\text{Cr}_2(\text{SiO}_4)_3$)	% de uvarovita = $[\text{Cr}/(\text{Fe}+\text{Cr}+\text{Al})]*100$

Propriedades diagnósticas: formato dodecaédrico dos cristais; dureza (6,5-7,5); cor (normalmente vermelhas ou marrons, vermelho amarronzadas, castanhas, castanho avermelhadas); ausência de clivagem, isotropia, relevo alto (1,705-1,895), associação mineralógica e gênese. Escala de Fusibilidade (von Kobell): 3-7. Solubilidade difícil em HF, exceto a schorlomita, enquanto a hidrogrossulária é solúvel também no HCl e HNO_3 . A melhor maneira de se distinguir entre si as várias espécies de granada é pelos índices de refração, densidade e parâmetros da malha, em conjugação, quando possível, com dados de química mineral (análise por microsonda eletrônica). Petrograficamente distingue-se dos espinélios por estes apresentarem cor mais forte e partição {111} (às vezes é observada nos espinélios).

Gênese: mineral formado por processos metamórficos de grau baixo a alto, na dependência do tipo de granada, que é controlado pela temperatura, pressão e composição química da rocha. A almandina (granada mais comum) é formada por processos metamórficos (metamorfismo regional em rochas sedimentares argilosas e pelíticas, também por metamorfismo de contato), hidrotermais e mais raramente magmáticos, sendo encontrada tipicamente em gnaisses e xistos, em *hornfels*, pegmatitos, etc. Ocorre também em eclogitos e granitos (tipo S). Também em rochas sedimentares como mineral detrítico. A granada piropo ocorre em rochas ígneas básicas a ultrabásicas de origem profunda (ex: peridotitos, kimberlitos, eclogitos) e rocha metamórficas submetidas a temperaturas e pressões altas (ex: anortositos, granulitos, retroeclogitos etc.). Pode ocorrer também em anfíbolitos e xistos e como mineral detrítico em sedimentos. A essessartita é encontrada em pegmatitos, granitos, riolitos e principalmente em metassedimentos ricos em Mn submetidos a metamorfismo regional ou de contato (grau baixo a médio); em *skarns* e em rochas adjacentes metassomáticas ricas em Mn. A grossulária ocorre em calcários e margas submetidos a hidrotermalismo de temperatura moderada a alta e metamorfismo de contato ou regional. É encontrada em rochas submetidas a metassomatismo cálcico, sendo encontrada em alguns xistos e serpentinitos. A andradita é formada por metamorfismo de contato e regional, de grau médio a alto, sobre margas e calcários impuros ou rochas ígneas cálcicas. Também ocorre em clorita xisto, em serpentinito e em rochas ígneas alcalinas titaníferas. A uvarovita ocorre associada a depósitos cromíferos, normalmente submetidos a metamorfismo (alteração hidrotermal em rochas contendo cromita); em calcários e *skarns* metamorfisados pela reação de dolomita e cromita. Não é uma granada muito comum. A schorlomita é encontrada em carbonatitos, sienitos, fonolitos e em *skarns*.

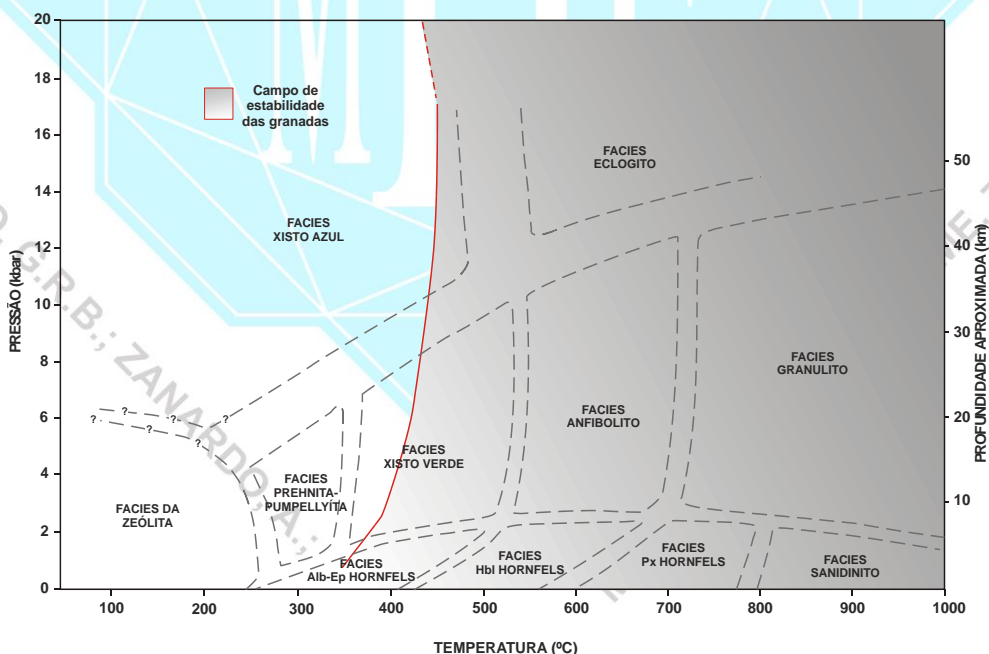


Figura 5 – gráfico P-T mostrando o campo de estabilidade da granada (o tipo (composição) de granada a ser formada varia em função das condições de P/T e da composição da rocha). (modificado de Yardley, 1989; Speer, 1993).

Associação mineralógica: ocorre associado a piroxênios, feldspatos, anfíbólios, micas, quartzo, olivinas, calcita, dolomita, humita, etc. A essessartita ocorre associada a quartzo, feldspato, turmalina, rodonita, pyroxmanguita, tefroíta, muscovita, alleghanyíta, apatita, topázio, galaxita, berilo, albíta, bixbyíta, pseudobrookita, etc. A grossulária ocorre



associado a calcita, dolomita, epidoto, clinozoisita, wollastonita, escapolita, vesuvianita, diopsídio, tremolita, quartzo, etc. A andradita ocorre associado a vesuvianita, clorita, epidoto, espinélio, calcita, dolomita, magnetita, etc. A uvarovita ocorre associada a cromita, diopsídio, zoisita, olivina, dolomita, tremolita, quartzo, plagioclásio, epidoto, calcita, clinocloro, piroxênios, etc. A schorlomita ocorre associada a leucita, brookita, nefelina, feldspato potássico, etc.

Variedades: *Californita* - var. de grossulária branca, proveniente da Califórnia (EUA). *Granada-branca* - var. de grossulária translúcida, às vezes com aparência de jade branco. *Hessonita* - var. de grossulária com Fe de cor marrom. Talvez do grego *hesson* (menor), por ter dureza inferior à do jacinto (var. de zircão). *Landerita* - var. de grossulária de cor rosada. (sin. *rosolita*, *xalostoquita*). *Romanzovita* - var. de grossulária marrom-escura. *Sucinita* - var. de grossulária cor de âmbar. Do latim *succinu* (âmbar amarelo). *Viluíta* - var. de grossulária verde. De Vilui, rio da Sibéria, Rússia. *Emildina* - var. de espessartita com ítrio. (sin. *emaldina*, *emilita*). *Rodolita* - var. de piropo de cor vermelho róseo pálido ou púrpura, correspondendo quimicamente a termo intermediário entre piropo e almandina (2:1), sendo mais claro e mais transparente que estes dois minerais. É usada como gema e abrasivo. De *rhodon* (rosa) + *lithos* (pedra). *Bredberguita* - var. de andradita com magnésio. Homenagem ao norte-americano B. D. Bredberg, seu descobridor. *Colofonita* - var. de andradita de cor marrom amarelada usada raramente como gema. Do grego *kolophonia* (resina), por ter brilho resinoso. (sin. *grodnolita*). *Demantóide* - var. de andradita verde, transparente e brilhante, usado como gema. Do alemão arcaico *demant* (diamante). (sin. *esmeralda dos urais*, *esmeralda-uraliana*, *esmeralda-uralina*). *Melanita* - var. de andradita com Ti, de cor preta e pouco valor comercial, sendo raramente lapidada. Possui $n = 1,860-1,880$. Do grego *melanos* (preto). (sin. *pireneíta*). *Schorlomita* - var. de andradita rica em titânio, de cor preta com $n = 1,907-2,010$. Do alemão *schorl* + grego *homos* (mesmo), pela semelhança com a schorlita. Também é chamada de melanita. *Topazolita* - var. de andradita amarelo-esverdeada ou marrom-amarelada, semelhante ao topázio na cor e transparência. De topázio + grego *lithos* (pedra).

Usos: as granadas podem ser usadas como gema e/ou abrasivo. A espessartita constitui um dos minerais mais importantes dos protominérios de Mn. A piropo é a granada preferida para emprego em jóias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beteytin, 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.
- 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. 1997. **Rock-forming minerals. Orthosilicates – vol. 1A (2º edition)**. The Geological Society Publishing House, London, United Kingdom. 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. & 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. (10ª 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 (3ª edition)**. Oxford University Press, Inc. New York, EUA. 348 p.

Novak, G. A. & Gibbs, G. V. 1971. The crystal chemistry of the silicate garnet. **American Mineralogist**, 56, p. 791-823.

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**. 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 (3ª edition)**. John Wiley & Sons, Inc., New York (3ª edição). 459 p.

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

sites consultados:

www.handbookofmineralogy.org

www.mindat.org

www.mineralienatlas.de

<http://rruff.info>

www.smorf.nl

www.webmineral.com