

ALMANDINA-ESPESSARTITA GEMA DE MARIMBONDO, CARNAÚBA DOS DANTAS, RIO GRANDE DO NORTE

Ana Cláudia M. Ferreira¹
José Aderaldo de M. Ferreira²
Dwight R. Soares³

1 Unidade Acadêmica de Mineração e Geologia, UFCG..claudia1@hotmail.com

2 Companhia de Desenvolvimento e Recursos Minerais da Paraíba, CDRM/PB

3 CEFET-PB/UNED- Campina Grande

RESUMO: A ocorrência de granadas de Marimbondo está localizada na região do Seridó, município de Carnaúba dos Dantas, Estado do Rio Grande do Norte, no Nordeste do Brasil. As granadas são encontradas em *ore shoots* de grandes concentrações, em um granito aplítico encaixado nos biotita-xistos da Formação Seridó e são formadas por substituição metassomática. Ocorrem como cristais euedrais muitas vezes em agregados, inter-crescidos, atingindo até 10 cm de diâmetro, predominando as formas romboedrais, trapezoidais e suas combinações. As granadas gemas têm cor vermelho vinho, são transparentes ou translúcidas, brilho vítreo tendendo para resinoso, dureza 7 e densidade relativa com valores médios entre 4,16 e 4,19. São isotrópicas, com índice de refração > 1,79. Análises químicas por microsonda eletrônica permitiram a classificação como almandina-espessartita da série pirlaspita, com composição molecular $\text{Alm}_{64,8} \text{Esp}_{27,7} \text{Pir}_{6,3} \text{Gro}_{1,2}$ e fórmula química: $\text{X}(\text{Fe}^{2+}_{1,92} \text{Mn}_{0,82} \text{Mg}_{0,19} \text{Ca}_{0,04})_{2,97} \text{Y}(\text{Al}^{\text{VI}}_{2,03})_{2,03} \text{Z}(\text{Si}_{2,99} \text{Al}^{\text{IV}}_{0,01})_{3,00} \text{O}_{12}$.

Palavras chave: almandina-espessartita, gema, Marimbondo, Seridó, Carnaúba dos Dantas

ABSTRACT: The garnet occurrence of Marimbondo is located in Seridó region, municipality of Carnaúba dos Dantas, in the State of Rio Grande do Norte, Northeast of Brazil. The garnets are found at ore shoots, with available concentrations, in aplitic granitic intruded into biotite schists of the Seridó Formation and created by metassomatic substitution. The occurrence appear like euedral crystals up, until diameter of 10 cm, prevailing “romboedral”, “trapezoidal” forms and variations. The gems garnets are wine-red color, are transparent or translucent, “glass” bright going to resinous, hardness 7 and density with average values between 4,16 and 4,19. There are isotropics, with refraction index > 1.79. Chemical analyses by electronic microprobe in the garnets allow to classify them almandine-spessartine type garnet, pirlaspite serie, with molecular composition $\text{Alm}_{64,8} \text{Esp}_{27,7} \text{Pir}_{6,3} \text{Gro}_{1,2}$ and chemical formula of $\text{X}(\text{Fe}^{2+}_{1,92} \text{Mn}_{0,82} \text{Mg}_{0,19} \text{Ca}_{0,04})_{2,97} \text{Y}(\text{Al}^{\text{VI}}_{2,03})_{2,03} \text{Z}(\text{Si}_{2,99} \text{Al}^{\text{IV}}_{0,01})_{3,00} \text{O}_{12}$.

Keywords: almandine-espessartine, gem, Marimbondo, Seridó, Carnaúba dos Dantas

INTRODUÇÃO

As granadas formam soluções sólidas entre dois ou mais membros-finais, com fórmula química geral: $X_3Y_2Si_3O_{12}$, onde X e Y referem-se respectivamente aos sítios catiônicos de coordenação oito e seis. Os sítios X são geralmente ocupados pelos cátions divalentes Ca^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} ou Mg^{2+} , e os sítios Y são ocupados por pequenos cátions trivalentes como: Al^{3+} , Fe^{3+} , V^{3+} , Ti^{4+} e Cr^{3+} (Deer *et al*, 1981). As trocas iônicas entre estes vários elementos formam séries isomórficas. As variações ocorrem em proporções que variam entre 0 e 100 % dos componentes extremos de cada série.

As concentrações de Mn e Fe^{2+} nas granadas pegmatíticas estão relacionadas com a evolução geoquímica de corpos zonados (Baldwin & Krorring, 1983; Whittworth, 1992). O conteúdo de Mn aumenta no sentido de muro para núcleo, enquanto o Fe^{2+} diminui. Arredondo *et al.* (2001) afirmam que o conteúdo de H tem proporcionalmente uma sensibilidade para alteração ainda maior que os de Mn e Fe, e, que em granadas de sistemas de pegmatitos simples, o conteúdo de H geralmente imita a tendência correspondente aos conteúdos de Mn, na direção da zona de muro para o meio do corpo.

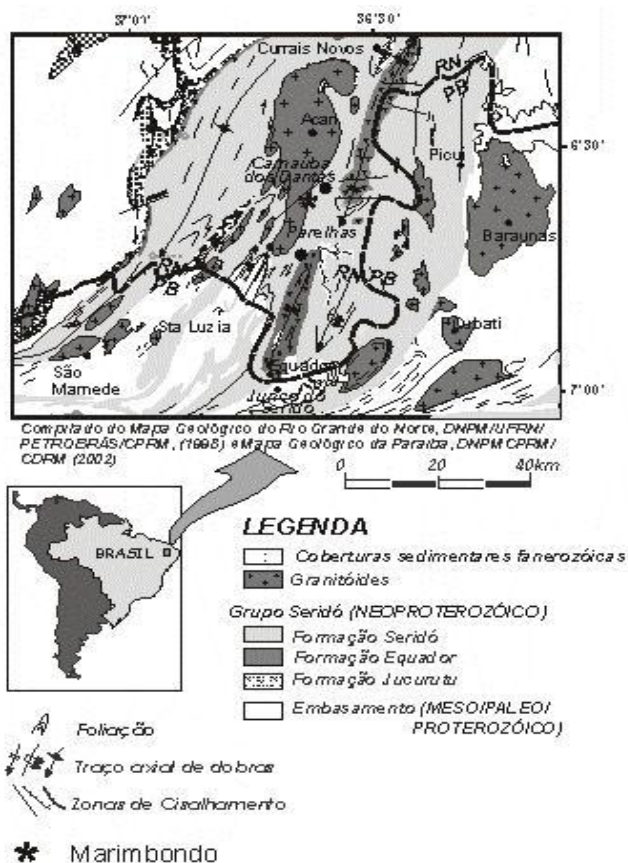


Figura 1 – Localização da ocorrência de granadas de Marimbondo em mapa geológico simplificado da região do Seridó (PB/RN), modificado de Soares (2004).

No Brasil são conhecidas granadas gemas nas séries piropo, almandina-piropo, almandina-espessartita, espessartita, espessartita-almandina, e grossulária. Podemos citar os trabalhos de Cassedane & Cassedane, 1977; Svisero *et al.*, 1981 e Wegner *et al.*, 1998. Na região do Seridó, especificamente, existem algumas ocorrências de granadas gemas do tipo almandina, espessartita, grossulária e almandina-espessartita. Recentes trabalhos têm sido publicados, como Soares & Beurlen, 2003; Eeckhout *et al.*, 2002 e 2004; Ferreira *et al.*, 2000 e 2006.

LOCALIZAÇÃO E GEOLOGIA

A ocorrência de granadas de Marimbondo está localizada na região do Seridó, próximo a Fazenda Tanques, distando aproximadamente 8 km do município de Carnaúba dos Dantas, Rio Grande do Norte (Figura 1). O acesso é feito saindo da cidade no sentido de Parelhas, a Sudoeste, e seguindo 8 km por uma estrada carroçável. A partir deste ponto segue-se caminhando por cerca de 1 km até o local da jazida.

As granadas são encontradas em *ore shoots* de grandes concentrações, em um granito aplítico com 15 metros de comprimento aflorante, aproximadamente 0,3 a 2 metros de largura e um mínimo de 12 metros de profundidade (até onde foi a escavação). Está encaixado discordantemente, cerca de 15 graus para Norte, nos biotita-xistos da Formação Seridó (Figura 2) que tem direção geral N 15° E e fica na aba leste de uma sinclinal. O corpo apresenta “boudinage” com direção geral N/S e é formado por quartzo, feldspato e muscovita, como minerais essenciais. As granadas ocorrem como cristais eudrais ou em cristais agregados, intercrescidos, atingindo até 10 cm de diâmetro, predominando as formas romboedrais, trapezoidais e suas combinações (Figura 3). Esses fenocristais são formados por substituição metassomática, comprovada pela disparidade do tamanho dos cristais com relação aos minerais da rocha-hospedeira e principalmente por serem cristais completos, com todas as faces e sem ligação nenhuma que ateste aporte de matéria externa como fraturas, fendas ou canais (Figuras 4 e 5).



Figura 2 – Parte do granito aplítico de Marimbondo (onde ocorrem as granadas) em contato com os biotita-xistos.



Figura 3 – Cristal de almandina-essartita com aproximadamente 9 cm de diâmetro.



Figura 4 – Fenocristal completo de almandina-essartita, com cerca de 5 cm de diâmetro, na rocha-hospedeira.

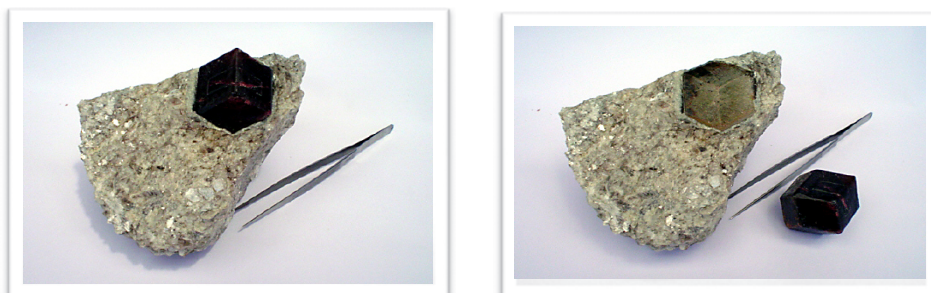


Figura 5 – Amostra com cristal completo de almandina-essartita com cerca de 4 cm de diâmetro, na rocha-hospedeira e solto dela.

MÉTODOS UTILIZADOS

Os dados químicos foram obtidos por microsonda eletrônica JEOL JXA-8900 (15 kV e 20 nA) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e utilizados os seguintes padrões: albita para Si, olivina para Fe e Mg, rodonita para Mn, anortita para Al, rutilo para Ti e Cr_2O_3 para Cr. O programa de correção usado foi o ZAF. Estas análises indicaram a presença de Si, Al, Fe, Mn, Ti e Ca, com traços de Mg. A fórmula estrutural foi calculada estequiometricamente para 12 (O). O FeO obtido por microsonda foi convertido para Fe^{2+} e Fe^{3+} com base nos resultados dos estudos de Mössbauer (Eeckhout *et al.* 2004).

A separação de Fe^{2+} e Fe^{3+} foi obtida através de espectroscopia Mössbauer utilizando-se um espectrômetro de aceleração constante, convencional, em conjunção com um analisador multi-canal 1024, em temperatura ambiente (RT), com uma fonte $^{57}\text{Co}(\text{Rh})$, conforme citado em Eeckhout *et al.* (2002).

Os estudos gemológicos foram realizados no laboratório do Centro Gemológico do Nordeste da Universidade Federal de Campina Grande (UFCEG), utilizando-se polariscópio da *Gem Instruments Corporations* (modelo 416), refratômetro para sólidos (Gem Led) e balança hidrostática Record, com carga máxima de 200 gramas e precisão de 0,01g.

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA

Essas granadas caracterizam-se quimicamente por altos conteúdos de FeO (27,668 a 29,225 % em peso) e MnO (10,678 a 12,434 % em peso) e baixos de MgO (1,323 a 2,164 %, em peso) e CaO (0,298 a 0,474 % em peso), conforme Tabela 1. Os valores de Cr_2O_3 e TiO_2 obtidos por microsonda eletrônica estão no limite de detecção mas fazem parte da composição catiônica das granadas, embora não sejam levados em consideração na caracterização química das mesmas. A fórmula estrutural foi calculada estequiometri-

camente para 12 (O), de acordo com Deer *et al.* (1981), podendo ser escrita genericamente como: $\text{X}(\text{Fe}^{2+}_{1,92}\text{Mn}_{0,82}\text{Mg}_{0,19}\text{Ca}_{0,04})_{2,97}\text{Y}(\text{Al}^{\text{VI}}_{2,03})_{2,03}\text{Z}(\text{Si}_{2,99}\text{Al}^{\text{IV}}_{0,01})_{3,00}\text{O}_{12}$.

A posição estrutural X (ou sítio X), em termos de valores médios, é ocupada por Fe^{2+} (64,8 %), Mn (27,7 %), Mg (6,3 %) e Ca (1,2 %), indicando uma composição molecular $\text{Alm}_{64,8}\text{Esp}_{27,7}\text{Pir}_{6,3}\text{Gro}_{1,2}$, representando o percentual na série isomórfica de almandina, essessartita, pirope e grossulária respectivamente, podendo ser denominada, portanto, de granada almandina-essessartita, da série pirlspita. A caracterização química das granadas pode ser observada no diagrama ternário FeO-MnO-MgO (Figura 6), produzido a partir dos dados de microsonda eletrônica, mostrando a concentração de FeO maior que a de MnO e baixo MgO.

Èerny & Hawthorne (1982) consideram esses valores de FeO e MnO comuns em granadas destes ambientes. Os baixos valores de MnO em relação a FeO nestas granadas da série almandina-essessartita sugerem pouco fracionamento da rocha-hospedeira.

CARACTERÍSTICAS GEMOLÓGICAS

As granadas gemas estudadas têm cor vermelho vinho, geralmente constantes, não mostrando variações nas tonalidades, são transparentes ou translúcidas. Têm brilho vítreo tendendo para resinoso e dureza relativa 7 (escala de Mohs) (Figuras 7, 8 e 9).

A densidade relativa das granadas foi medida a partir de 14 amostras selecionadas, sendo 5 cristais brutos transparentes e 9 gemas lapidadas. Para as amostras brutas a densidade variou entre 4,15 e 4,26, com média de 4,19. Nas gemas lapidadas, a variação foi entre 4,15 e 4,20, com o valor médio 4,16.

No Laboratório Gemológico da UFCEG, foram selecionadas 6 gemas lapidadas de boa qualidade para medição do

Tabela 1 – Composição química das granadas de Marimbondo, com cátions (apfu) calculados para 12 (O) e Fe²⁺ e Fe³⁺, obtidos por espectroscopia Mössbauer (Eeckhout et al. 2004). Esp = essartita; Alm = almandina; Pir = piropo; Gro = grossulária.

Óxidos	1	2	3	4	5	Média
SiO ₂	37.324	36.925	36.926	36.926	36.859	36.992
Al ₂ O ₃	21.442	21.465	21.355	21.293	21.185	21.348
TiO ₂	0.000	0.014	0.000	0.037	0.072	0.025
Fe ₂ O ₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FeO	29.225	28.579	28.405	27.668	27.990	28.373
MnO	10.678	12.174	11.805	12.814	12.434	11.981
MgO	2.164	1.472	1.450	1.356	1.323	1.553
CaO	0.298	0.419	0.435	0.453	0.474	0.416
Na ₂ O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr ₂ O ₃	0.000	0.000	0.002	0.000	0.007	0.002
Total	101.131	101.048	100.378	100.547	100.344	100.690
apfu						
Mn	0.726	0.832	0.811	0.880	0.856	0.821
Fe ²⁺	1.961	1.929	1.926	1.875	1.902	1.919
Mg	0.259	0.177	0.175	0.164	0.160	0.187
Ca	0.025	0.036	0.038	0.039	0.041	0.036
Total X	2.971	2.974	2.950	2.958	2.959	2.963
Al ^{VI}	2.021	2.022	2.035	2.027	2.023	2.026
Fe ³⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.000	0.001	0.000	0.002	0.004	0.001
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total Y	2.021	2.023	2.035	2.029	2.027	2.027
Si	2.994	2.980	2.994	2.993	2.994	2.991
Al ^{IV}	0.006	0.020	0.006	0.007	0.006	0.009
Total Z	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Total	7.992	7.997	7.985	7.987	7.986	7.99
Esp	24.44	27.98	27.49	29.75	28.93	27.71
Alm	66.00	64.86	65.29	63.39	64.28	64.77
Pir	8.72	5.95	5.93	5.54	5.41	6.31
Gro	0.84	1.21	1.29	1.32	1.39	1.21

índice de refração. Foram realizadas cinco medições em cada gema, mostrando valores maiores que 1,79 (o índice de refração está próximo ao limite de detecção do refratômetro). A observação polariscópica dessas mesmas gemas mostram o isotropismo típico da espécie.

O exame microscópico realizado em oito amostras lapidadas da almandina-essartita de Marimbondo revelou inclusões de canais ocos em tamanhos e em diferentes direções; inclusões bifásicas de cristais de granada; inclusões do tipo “impressão digital” e outras em fraturas de

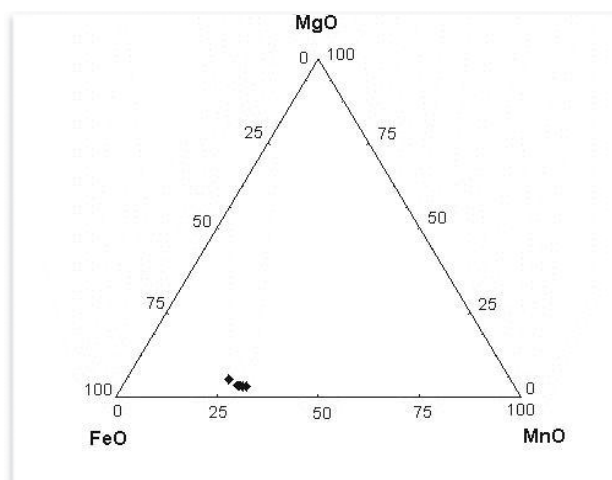


Figura 6 – Diagrama FeO-MnO-MgO das granadas de Marimbondo, Carnaúba dos Dantas, RN.



Figura 7 – Cristais completos, amostras brutas transparentes e gemas lapidadas de almandina-espessartita de Marimbondo.

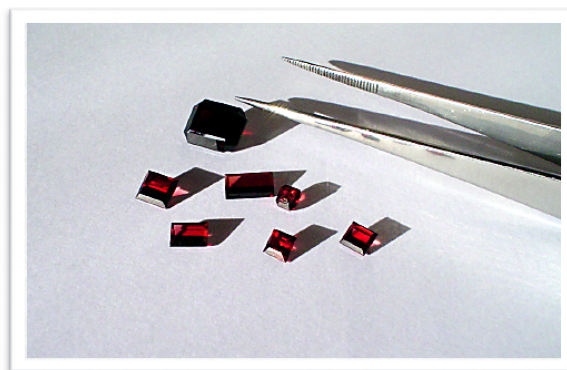


Figura 8 – Amostras lapidadas de almandina-espessartita (Marimbondo).



Figura 9 – Lote de almandina-espessartita lapidadas (Marimbondo).

cristalização, constituídas de pequenos cristais incolores de baixo relevo, todas epigenéticas; cristais isolados, protogenéticos, de baixo relevo, além de fraturas tensionais ou mecânicas.

A espectroscopia UV-Vis, usada para determinar a causa da cor da granada almandina-espessartita, foi caracterizada por uma banda larga de ~570 nm, uma banda de ~526 nm e uma banda de 505 nm, atribuídas ao Fe^{2+} (Figura 10). Segundo Frentrup & Langer (1982), esses íons no sítio de coordenação oito produz a cor próxima do vermelho.

CONCLUSÕES

Estas granadas de Marimbondo foram caracterizadas como almandina-espessartita, da série piralspita, com composição molecular $\text{Alm}_{64,8}\text{Esp}_{27,7}\text{Pir}_{6,3}\text{Gro}_{1,2}$, representando o percentual na série isomórfica de almandina, espessartita, piropo e grossulária.

Amostras brutas dessa almandina-espessartita podem ser comercializadas com sucesso para colecionadores do Brasil e de outros países, alcançando valores que superam, muitas vezes, os preços ofertados por lotes de gemas menos qualificadas. Dos lotes devidamente beneficiados para gemas, com uso de alicate de corte e martelo, são obtidas pedras lapidadas de até 20 quilates. Como gema, essas granadas embora com tamanho considerável, transparência, beleza e pureza adequada, não apresentam alto valor de mercado devido à cor vermelha de tonalidade escura ser pouco apreciada no setor joalheiro, diferente do que ocorre, por exemplo, com as granadas piropo (vermelho rubi), espessartita (laranja e laranja-amarelada), grossulária, demantóide e uvarovita (verdes), que atingem preços mais elevados nos mercados nacional e internacional.

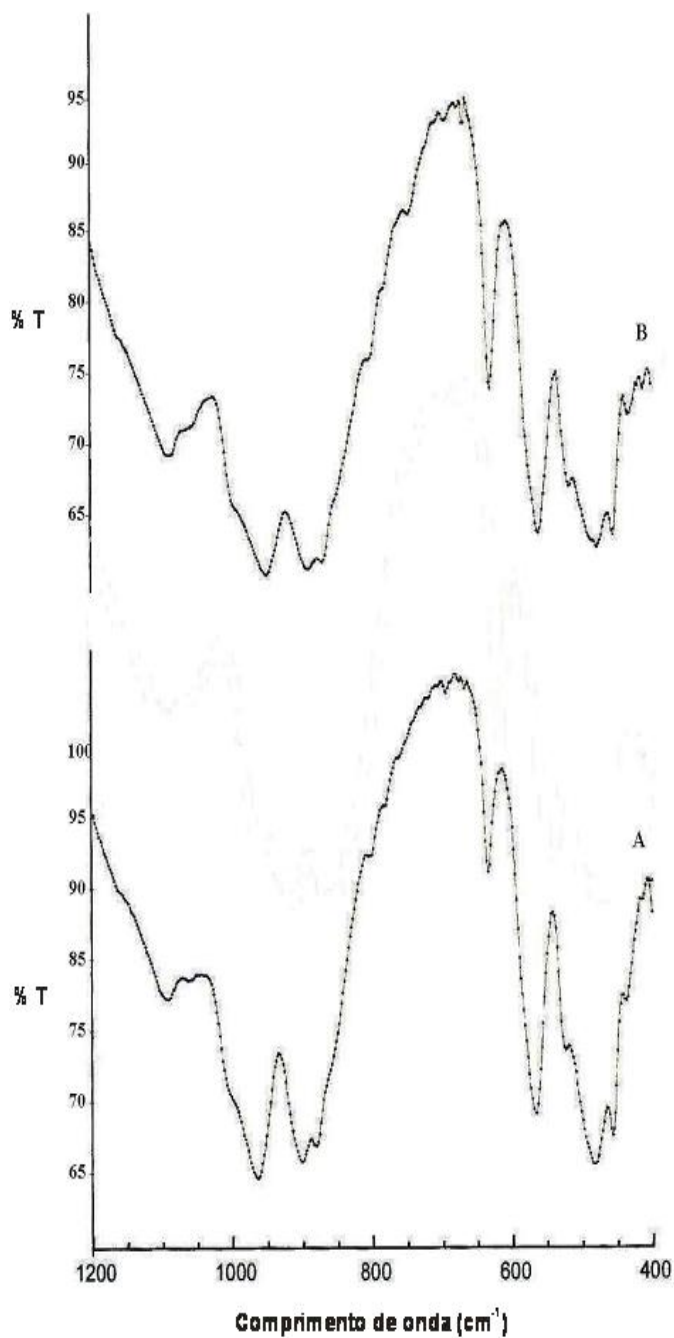


Figura 10 – Espectroscopia UV-Vis da almandina-espessartita de Marimbondo (A) comparada com a da espessartita do pegmatito Alto Mirador (B), ambas granadas do Município de Carnaúba dos Dantas, RN.

REFERÊNCIAS

- Arredondo, E.H., Rossman GR & Lunpkin GR. 2001. Hydrogen in spessartine-almandine garnets as a tracer of granitic pegmatite evolution. *Amer. Mineralogist*, 86: 485-490.
- Baldwing, J.R. & Knorring, O.V. 1983. Compositional range of Mn-garnet in zoned granitic pegmatites. *Canadian Mineralogist*, 21: 1116-1126.
- Cassedane, J.P. & Cassedane, J.O. 1977. Les garnets de Poaiá – Brésil. *Revue de Gemmologie* 52: 2-4.
- Èerny, P. & Hawthorne, F. 1982. Selected Minerals. Mineralogical Association of Canadá –Short Course Handboof, 8:163-186.
- Deer, W.A; Howie, R.A. & Zussman, J. 1981. *Minerais constituintes das rochas – Uma introdução*. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 558p.
- Eeackhout, S.G; Castañeda, C; Ferreira, A.C.M; Sabioni, A.C.S; De Grave, E. & Vasconcelos, D.C.L. 2002. Spectroscopic studies of spessartine from Brazilian pegmatites. *Amer. Mineralogist*, 87: 1297-1306.
- Eeackhout, S.G; Sabioni, A.C.S. & Ferreira, A.C.M. 2004. A treatment study of Brazilian garnets. *J. Gemmology*, 29(3):129-138.
- Ferreira, A.C.M.; Ferreira, J.A. de M.; Tavares J.F. 2000. As essartitas do Alto Mirador, Rio Grande do Norte. Boletim do *I Simpósio Brasileiro de Caracterização e Tratamento de Gemas*, Ouro Preto/MG, p.26.
- Ferreira, A.C.M.; Ferreira, J.A. de M.; Soares D.R. 2006 Caracterização química e mineralógica da grossulária gema de Água Fria, Região do Seridó, NE do Brasil. *Revista Estudos Geológicos*, 16: 83-92.
- Frentrup, K. & Langer, K. 1982. Microscope absorption spectrometry of silicate microcrystals in the range 40,000-5,000 cm^{-1} and its application to garnet and members synthesized at high pressures. In: Schreyer W. (Ed). *High-pressure researches in geocience*. E. S c h w e i z e r b a r t s c h e Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, pp 247-58.
- Soares, D.R & Buerlen, H. 2003. Química mineral de essartitas da Província Pegmatítica da Borborema. *IX Congresso Brasileiro de Geoquímica*, p.667-668.
- Soares, D.R. 2004. Contribuição à petrologia de pegmatitos mineralizados em elementos raros e elbaítas gemológicas da Província Pegmatítica da Borborema, Nordeste do Brasil. Tese de Doutorado, UFPE. Recife, 271p.
- Svisero, D.P; Felitti, W. & Almeida, J.S. 1981. Geologia da mina de diamantes de Romaria, município de Romaria, MG. *Mineração e Metalurgia*, 44, 425, 4-14.
- Wegner, R; Brito, A.R; Karfunkel, J; Henn, U. & Lind, T. 1998. Granate aus Umgebung von São Valério, Tocantins, Brasilien. *Zeitschrift der Deutschen Gemmologischen Gesellschaft*, 47(3): 147-152.
- Whitwort, M.P. 1992. Protogenetic implications of garnets associated with lithium pegmatites from SE Ireland. *Mineralogical Magazine*, 56: 75-83.