

Caracterização da porosidade do minério de "hematita compacta" ("Hard hematite ore")

César Augusto Chicarino Varajão (1)
Eric Ramanaidou (2)
Fabrice Colin (3)

RESUMO

Os corpos de minério de hematita compacta, na verdade, "martita compacta", formam-se à partir da alteração supergênica de corpos de "magnetita compacta". A martitização dos cristais de magnetita pode ser direta ou gerar fases intermediárias: kenomagnetita e maghemita.

Durante o processo de alteração, essas fases intermediárias são preferencialmente dissolvidas (dissolução congruente), gerando esqueletos de martita e, conseqüentemente, uma importante porosidade, que é um dos condicionantes geológicos no processo de redução direta deste minério.

Palavras chave: BIF, Martitização, Alteração supergênica, Redução direta

(1) DEGEO/Escola de Minas/Universidade Federal de Ouro Preto
Campus Morro do Cruzeiro, 35400, Ouro Preto, Brasil

(2) CSIRO Division of Exploration and Mining
Private Mail Bag, Wembley. WA Austrália 6014

(3) UM-GECO O.R.S.T.O.M - CEREGE BP 85
05545 Aix en Provence Cedex 4, França

INTRODUÇÃO

A caracterização geológica da porosidade do minério de "hematita compacta" é de grande importância para a metalurgia, pois este minério utilizado na produção de aço através de processos de redução direta (DRI - *Direct Reduced Iron*), atualmente responsáveis por 3 % da produção mundial de aço, porém, com perspectivas de atingir 6% até o final deste século (Zavaglia 1995).

Dorr (1965), utilizando o modelo proposto por Gruner (1937), afirma que os corpos de hematita compacta seriam consequência de uma substituição metassomática sin-metamórfica. Morris (1987), entretanto, discorda desta interpretação e, afirma que estes corpos não apresentam minerais e estruturas que provariam sua origem metassomática.

Sanders (1933) foi o primeiro a alertar para o caráter lenticular destes corpos sugerindo, pois, uma origem sedimentar. Mais recentemente, vários autores (Rosière, 1983; Evangelista, 1984; Xavier, 1994; Zavaglia, 1995), reafirmaram seu controle sedimentar. Os estudos petrológicos desenvolvidos por estes autores evidenciaram que os corpos de hematita compacta seriam, na verdade, originalmente constituídos predominantemente por cristais de magnetita, cristais estes formados durante a diagênese das formações ferríferas (French, 1973; Klein, 1983; Loughheed, 1983) em ambientes redutores (James, 1992; Morris, 1993).

EVOLUÇÃO SUPERGÊNICA DO MINÉRIO

Estudos micromorfológicos realizados em perfis de alteração, nas vizinhanças Mina de Maquiné (Mariana, MG), complementados com micro-análises, revelaram que as magnetitas, através da alteração supergênica, encontram-se quase totalmente martitizadas. Entretanto, restam ainda, núcleos de kenomagnetita e maghemita (Morris, 1980, 1985; Varajão, 1994). Estes núcleos são menos resistentes à alteração supergênica, em relação às partes martitizadas, e, sofrem um processo de corrosão (dissolução). Deste modo, a alteração supergênica promove uma dissolução preferencial das kenomagnetitas e maghemitas, gerando pois, esqueletos de martita nas partes superiores do perfil de alteração.

Morris (1980, 1985), apresentou uma síntese das transformações supergênicas dos cristais de magnetita, Figura 1.

A alteração intensa dos cristais de magnetita conduz, seja a uma martitização total, seja à uma alteração parcial. Neste último caso, as fases intermediárias sofrem um processo de dissolução congruente, originando a formação de esqueletos de martita. Esta observação nos permite incluir no esquema proposto por Morris (1980,

1985), Figura 1, uma ligação direta entre a maghemita/kenomagnetita e o esqueleto de martita, sem formação de goethita.

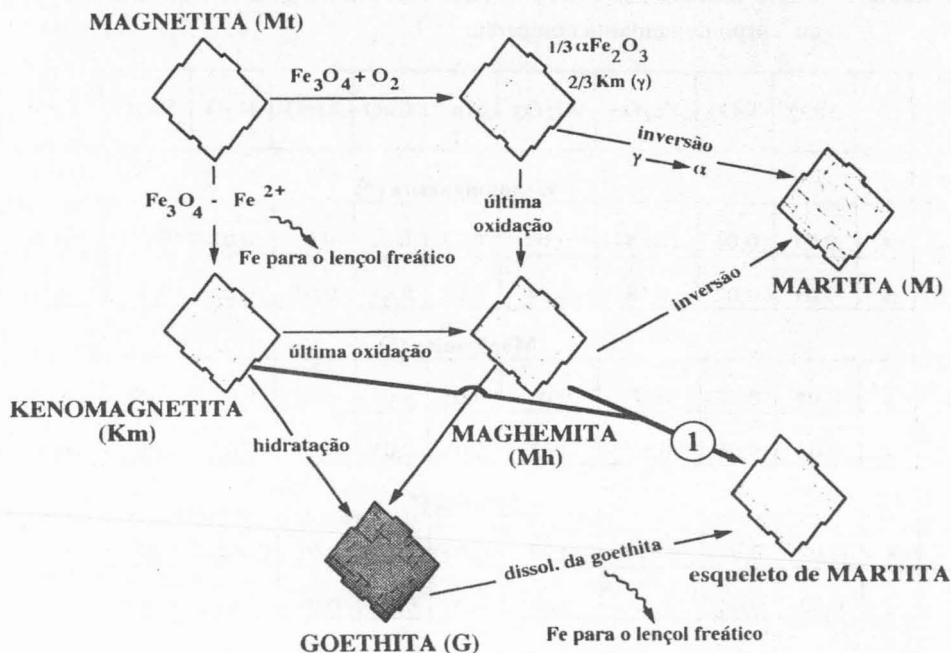


Figura 1 - Esquema de evolução supergênica da magnetita segundo Morris (1980, 1985), e a nova linha evolutiva (1), caracterizada neste trabalho: a dissolução da kenomagnetita e da maghemita, gerando esqueletos de martita.

O ferro originário desta dissolução dá origem à plasmas goethítico-hematíticos, cuja composição química (Tabela 1) revelou teores de alumínio e titânio oito vezes superiores à composição química dos óxidos de Fe (Kenomagnetita, maghemita, martita e hematita)

Em direção ao topo do perfil, encontram-se cristais de martita, de hábito losangular, com bordos corroídos, apresentando em seu interior uma estrutura em treliça, onde os vazios deixados pela dissolução das maghemitas e kenomagnetitas testemunham a partida do ferro e a geração de um esqueleto de martita. Deste modo, os antigos cristais de magnetita tornam-se possuidores de uma importante porosidade (Varajão, 1994; Varajão *et al.*, 1996), que pode atingir até 40% (Zavaglia, 1995).

Assim sendo, os corpos de minério de "hematita compacta" deveriam ser denominados corpos de "martita compacta porosa".

Tabela 1 - Micro-análises dos óxidos de ferro e do plasma goethítico-hematítico de um corpo de hematita compacta.

	SiO ₂	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Mn O	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Total.
Kenomagnetita (*)										
\bar{x}	0,03	0,01	101,81	0,04	0,03	0,01	0,01	0,01	0,02	101,66
s	0,03	0,02	0,58	0,04	0,03	0,03	0,01	0,01	0,02	1,13
Maghemita (*)										
\bar{x}	0,04	0,02	98,71	0,04	0,03	0,01	0,01	0,01	0,02	98,94
s	0,05	0,06	0,52	0,03	0,03	0,03	0,01	0,02	0,03	0,61
Martita (*)										
\bar{x}	0,07	0,03	97,81	0,08	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	98,05
s	0,03	0,04	0,62	0,03	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,63
Hematita (*)										
\bar{x}	0,00	0,13	97,59	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	97,81
s	0,00	0,04	0,44	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,45
Plasma goethítico-hematítico (**)										
\bar{x}	0,17	0,42	84,70	0,80	0,06	0,01	0,01	0,03	0,10	86,36
s	0,07	0,13	2,25	0,30	0,04	0,02	0,02	0,03	0,05	2,15

(*) Média sobre 9 análises; (**) Média sobre 17 análises.

CONCLUSÕES

O estudo micromorfológico da alteração supergênica do minério "hematita compacta", revelou uma dissolução diferenciada de cristais de "magnetita". As áreas ainda não martitizadas (kenomagnetita e maghemita) são dissolvidas preferencialmente gerando esqueletos porosos de martita.

A porosidade e a permeabilidade deste minério são responsáveis pela eficiência da ação dos gases no processo de redução direta, pois permite um alto grau de metalização, com um baixo índice de produção de finos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DORR, J.V.N. (1965) - Nature and origin of the high-grade hematite ores of Minas Gerais, Brazil. *Econ. Geol.*, 60, 1-46.

EVANGELISTA, M.T.R. (1984) - *Strukturelle und texturale Untersuchungen in der Eisenerzlagerstätte Mutuca bei Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasilien*. Technische Univ. Clausthal, Ph. D. Dissertation, 171 p.

FRENCH, B.M. (1973) - Mineral assemblages in diagenetic and low-grade metamorphic iron-formation. *Econ. Geol.*, 68, 1063-1074

GRUNER, J.W. (1937) - Hydrothermal leaching of iron ores of the Lake Superior type - a modified theory. *Econ. Geol.*, 32, 121-130.

JAMES, H.L. (1992) - Precambrian iron-formations : nature, origin, and mineralogic evolution from sedimentation to metamorphism. *In : Diagenesis III. Developments in sedimentology*, 47, eds. K.H. WOLF & G.V. CHILINGARIAN, Elsevier, Amsterdam, 543-589.

KLEIN, C. (1983) - Diagenesis and metamorphism of Precambrian iron-formations. *In: Iron formations: facts and problems*, eds. A.F. TRENDALL et R.C.MORRIS, Elsevier, Amsterdam, 417-471.

LOUGHEED, M.S. (1983) - Origin of precambrian iron-formations in the Lake Superior region. *Geol. Soc. of Am. Bull.*, 94, 325-340.

MORRIS, R.C. (1980) A textural and mineralogical study of the relationship of iron ore to banded iron-formation in the Hamersley Iron Province of Western Australia, *Econ. Geol.*, 75, 184-209.

MORRIS, R.C. (1985) Genesis of iron ore in iron-formation by supergene and supergene-metamorphic processes- A conceptual model. *In: Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits*, ed. K.H.WOLF, Amsterdam, Elsevier, 13 , 73-235.

- MORRIS, R.C. (1987) - Iron ores derived by enrichment of banded iron-formation. *In: Siliceous sedimentary rock-hosted ores and petroleum*, ed. J.R. Hein, Van Nostrand Reinold Co., New York, 231-267.
- MORRIS, R.C. (1993) - Genetic modeling for banded iron-formation of the Hamersley Group, Pilbara Craton, Western Australia. *Precambrian Research*, 60, 243-286.
- ROSIÈRE, C.A. (1983) A recristalização do minério de ferro da jazida do Pico de Itabirito no Quadrilátero Ferrífero, MG e suas implicações genéticas. *In: Simpósio de Geologia de Minas Gerais*, 2, Belo Horizonte, 1983, *Anais...Belo Horizonte*, SBG-Núcleo Minas Gerais. p. 173-186.
- SANDERS, B.H. (1933) Iron ores at Itabira Brazil. *Inst. of Min. and Met. Bull.*, 396, 1, 1-23.
- VARAÇÃO, C.A.C. - 1994 - *Évolution Supergène de L'or Riche en Palladium de la Mine de Maquiné, Quadrilatère Ferrifère, Minas Gerais, Brésil. Thèse Doctorat, Université de Marseille*, 215p.
- VARAÇÃO, C.A.C.; RAMANAIDOU, E.; COLIN, F. & NAHON, D. (1996) Martitização: Alteração supergênica da magnetita, *Revista Escola de Minas*, (no prelo).
- XAVIER, E.M. (1994) *Relação entre o processo de redução direta e os atributos estruturais e texturais do minério de ferro granulado da Mina da Mutuca, Belo Horizonte, MG. Dissertação de Mestrado. DEGEO/Escola de Minas/UFOP, Ouro Preto*, 164 p.
- ZAVAGLIA, G. (1995) *Condicionantes geológicas do comportamento dos minérios de ferro do depósito de Tamanduá (MG) no processo metalúrgico de redução direta. Dissertação de Mestrado. DEGEO/Escola de Minas/UFOP, Ouro Preto*, 200 p.

The characterization of the porosity in the hard hematite ores

César Augusto Chicarino Varajão (1)
Eric Ramanaidou (2)
Fabrice Colin (3)

ABSTRACT

"Hard hematite ores" are formed by supergenic alteration of massive magnetite bodies. The transformation of the magnetite crystals in martite (martitization) can be total or partial, forming intermediate phases (kenomagnetite and maghemite).

During the alteration process these intermediate phases are preferentially dissolved (congruent dissolution), to generate martite skeletons and consequently, an important porosity, a geological parameter in the direct reduced iron.

Key words: BIF, Martitization, Supergenic alteration, Direct reduce iron

(1) DEGEO/Escola de Minas/Universidade Federal de Ouro Preto
Campus Morro do Cruzeiro, 35400, Ouro Preto, Brasil

(2) CSIRO Division of Exploration and Mining
Private Mail Bag, Wembley. WA Austrália 6014

(3) UM-GECO O.R.S.T.O.M - CEREGE BP 85
05545 Aix en Provence Cedex 4, França

