

zircão, titanita, rutilo, calcita e opacos. Ocorrem também microclina e plagioclásio (An 33-37), que se tornam mais frequentes na porção inferior da seqüência basal.

A seqüência intermediária está representada pela formação ferrífera que contém o depósito de manganês de Bandarra. Esta litologia, ao microscópio, revela estrutura com alternância de leitos de hematita e de quartzo granular.

A seqüência superior contém, da base para o topo, micaxistos, anfibólitos, quartzitos micáceos e recorrência de micaxistos. Os anfibólitos concordam com as unidades situadas acima e abaixo, alcançando espessura da ordem de pouco mais de uma centena de metros. Tais rochas, ao microscópio, revelam textura granonematoblástica, com anfibólitos (hornblenda, cummingtonita-grunerita e/ou tremolita-actinolita) e epidoto, constituindo mais de 80% em volume da rocha, aparecendo, subordinadamente, plagioclásio, biotita, turmalina e opacos.

Conquanto estejam ausentes minerais índices de metamorfismo nas rochas de Bandarra, o aparecimento de plagioclásio de tipo intermediário e associação hornblenda-plagioclásio-epidoto refletem um conjunto de rochas formado na fácies almandina-anfibólito que, para Turner e Verhoo-gen (1960), atinge temperatura de 550°C a 750°C e pressão de 4 000 a 8 000 bars.

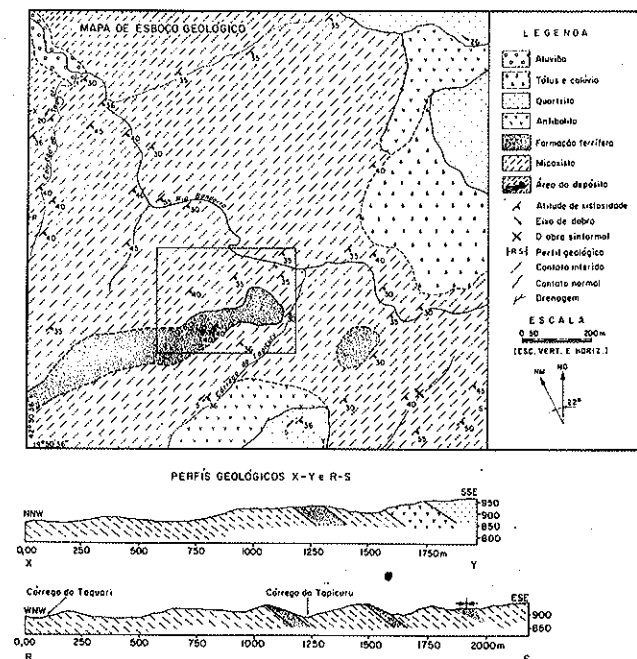


Figura 2 — Área de Bandarra, Bahia (Rômulo Machado, 1977)

DEPÓSITO DE MINÉRIO Os corpos de minério de Bandarra ocorrem dentro da formação ferrífera sob a forma de lentes-camadas de manganês, cuja distribuição se faz em dois níveis, que apresentam gradações laterais tanto na vertical como na horizontal, acompanhadas pelo decréscimo de manganês e, conseqüentemente, enriquecimento em ferro.

A formação ferrífera concorda com os micaxistos superiores e inferiores em contatos litológicos que se revelam sempre bruscos.

A espessura das lentes-camadas é variável, estendendo-se de poucos centímetros a um máximo de 0,85 m, com valores médios situados ao redor de 0,20 m. As lentes possuem extensão individual que não ultrapassa 10 m. Por outro lado, a

formação ferrífera em Bandarra possui espessura não superior a 5 ou 6 m.

MINERALOGIA São distinguidos dois grupos de minerais: a) *metamórficos*, que incluem óxidos (jacobsita, hausmannita, bixbyita, hematita), silicatos (espessartita, tefroita, alleganyita, anfibólito e mica manganíferos) e carbonato (kutnahorita ou manganocalcita ou manganodolomita); b) *secundários*, que incluem o grupo α - MnO_2 , malaquita, cuprita e óxido de ferro hidratado.

Os minerais de ganga incluem aqueles formados juntamente com o protominério durante o metamorfismo, tais como: quartzo (sob a forma de *metachert* ou jaspe), óxido de ferro (hematita), carbonatos e silicatos manganíferos.

DISCUSSÃO DA GÊNESE Alguns autores, como Krauskopf (1956), Krumbein e Garrels (1952), James (1951, 1954), Garrels e Christ (1965) e Borchert (1970), são unânimes em considerar as condições de pH e Eh como parâmetros mais importantes que envolvem o processo de formação e separação de ferro e manganês em condições superficiais.

Na formação ferrífera de Bandarra, a coexistência de carbonato e minerais de manganês e ferro primários revela que as condições reinantes durante a época da sedimentação eram favoráveis à formação de óxidos e carbonatos no mesmo ambiente sedimentar. Por conseguinte, seus campos de estabilidade são rigidamente por valores de pH e Eh que diferem ligeiramente. Todavia a variação desses parâmetros individualmente ou em conjunto explica, ao menos teoricamente, a coexistência, num mesmo depósito, de óxidos e carbonatos ou, ainda, carbonatos e sulfetos, embora estes últimos estejam ausentes em Bandarra.

Considerando-se que o transporte de manganês seja efetuado em solução com bicarbonato (Savage, 1939), da mesma forma que o ferro (Borchert, 1970), admite-se que no depósito de Bandarra houve uma pré-concentração num ambiente ligeiramente ácido que, por aumento progressivo do pH, conduziu, inicialmente, à precipitação de óxido de ferro e, logo a seguir, de manganês, tornando a solução neutra ou levemente alcalina. Neste meio, a presença de metais alcalinos terrosos, particularmente Ca e Mg, conduziria à precipitação de carbonato acima da *limestone fence* e *oxide carbonate fence* de Krumbein e Garrels (1952). Isso poderia ser devido à variação do potencial de oxidação da solução, o qual inibiria a precipitação de óxidos de ferro e manganês, favorecendo a dos respectivos carbonatos.

A ausência de sulfetos e grafita descarta a possibilidade de ambiente redutor para formação de seus minerais no estágio sedimentar bem como de águas estagnadas, sem circulação, que pudessem justificar um ambiente euxínico. Desse modo, admite-se a presença de uma bacia com boa circulação e oxigenação suficiente para manter um ambiente ligeiramente oxidante, com pH variando de neutro a levemente alcalino, estendendo-se até fracamente redutor com valores de Eh positivos.

A ocorrência de óxidos de manganês de baixa valência (bixbyita, hausmannita e jacobsita), associados a carbonato e silicatos de manganês (espessartita, tefroita, alleganyita etc.) no protominério de Bandarra, parece não encontrar similitude com os depósitos descritos na literatura geológica.

Os termos "queluzito" e "gondito" introduzidos, respectivamente, por Derby (1901) e Fermor (1906), discutidos e redefinidos por Roy (1965) não se aplicam à qualificação do protominério encontrado em Bandarra. Roy (*op. cit.*) considera os protominérios da Índia como do tipo gondito, caracterizados pela presença de óxidos de manganês de alta

temperatura e silicatos, estando ausente o carbonato de manganês primário. Os protominérios brasileiros, contendo carbonatos e silicatos com grafita ou alabandita sem óxidos primários, são considerados como do tipo queluzito.

Ribeiro Filho (1968) descreve, para a região de Urandi-Licínio de Almeida, o protominério de tipo sílico-carbonático (jazida de Barreiro dos Campos) e o do tipo óxido (Pedra Preta e Barnabé), representado, no primeiro caso, pela associação carbonato-silicato de manganês, enquanto, no segundo, por óxidos primários de alta temperatura (jacobsita, hausmannita e bixbyita).

No protominério do depósito de Bandarra coexistem óxidos de alta temperatura com silicatos e carbonatos, estando ausentes alabandita e grafita.

Os termos gondito e queluzito, no sentido clássico, não encontram correspondência no referido depósito, visto que, além de diferirem na assembléia metamórfica resultante, refletem condições sedimentares de pH e Eh diferentes das atribuídas a Bandarra. Desse modo, admite-se um protominério do tipo intermediário entre os tipos gondito e queluzito, para o qual é sugerido o termo "bandarrito".

O bandarrito pode ser definido como uma rocha metamórfica de origem sedimentar (química ou bioquímica), depositada em condições ligeiramente oxidantes, contendo óxidos de ferro e manganês associados com carbonatos que, como protominério, revela a presença de óxidos de alta temperatura (jacobsita, hausmannita e bixbyita), carbonatos (kutnahorita, manganocalcita ou manganodolomita) e silicatos manganésiferos (tefroita, alleganyita, anfíbolio e mica).

A ocorrência de cobre nativo representa uma associação pouco comum em depósitos dessa natureza, razão pela qual a atribuição de uma origem epigenética ou singenética deve levar em conta as seguintes observações: a) distribuição restrita do cobre nativo nas lentes de minério, ocorrendo em associação com malaquita e cuprita; b) ausência, no local de ocorrência, de veios de quartzo hidrotermal bem como de corpos intrusivos que apresentem ligação direta com o cobre; c) os corpos de anfíbolitos revelam conteúdo em cobre na faixa de 65 a 112 ppm enquanto, que, no minério, está entre 30 e 110 ppm; e d) ao microscópio, o cobre distribui-se com frequência na ganga carbonática associado geralmente com hausmannita.

A ação do intemperismo sobre os minerais primários propiciou a formação de óxidos de manganês secundários, tanto na forma de lentes-camadas dentro da formação ferrífera, por lixiviação de sílica, ferro e carbonato, como na forma de minério do tipo *granzon*, evoluído a partir da dissolução e reprecipitação de horizontes manganésiferos.

CONCLUSÕES O depósito de manganês de Bandarra faz parte de um conjunto de rochas de natureza vulcano-sedimentar que compõe o Complexo de Licínio de Almeida, cujas seqüências litológicas e estruturas geológicas são correlacionadas por Mascarenhas (1979) com as do tipo *greenstone belts*, com idade atribuída ao Proteozóico Inferior.

A interação dos dados de temperatura, obtidos a partir da associação mineralógica das rochas encaixantes com as do corpo mineralizado, sugere que os valores de temperatura alcançados durante o metamorfismo foram ao redor de 600°C a 650°C.

Com base na mineralogia e na textura do minério, admite-se que a transformação de óxidos com alta valência em óxidos de baixa valência ocorreu durante o metamorfismo regional que afetou a área.

A associação mineralógica encontrada no protominério de Bandarra revela características que diferem das descritas nos protominérios indianos e brasileiros, respectivamente, gondito e queluzito. Por esta razão, o referido protominério deve ser considerado como do tipo intermediário, provavelmente mais próximo do tipo gondito que do queluzito, para o qual é sugerido o termo "bandarrito".

A coexistência de carbonato, no sedimento original, com óxido de manganês de alta valência pode ser explicada com base nos diagramas de Krumbein e Garrels (1952), e Bricker (1965) para condições de formação em superfície (25°C e 1 atm de pressão).

A formação de depósito do tipo *granzon* foi condicionada pela conjugação de fatores fisiográficos com vegetação exuberante e condições excelentes de circulação de água.

O sedimento original que proporcionou o depósito de Bandarra constituiu-se de óxidos e/ou hidróxidos de ferro e manganês contendo *chert* (ou jaspe) e carbonato(s) contendo impurezas argilosas.

A associação de cobre nativo no depósito de manganês de Bandarra se faz, de preferência, no domínio carbonático, sugerindo uma deposição contemporânea à do carbonato de manganês.

Embora Bandarra seja um depósito de grande interesse para estudos mineralógicos, genéticos etc., do ponto de vista econômico representa concentração de pouco valor, visto que tanto para manganês quanto para cobre as reservas são muito pequenas.

Agradecimentos O autor consigna seus agradecimentos à Companhia de Mineração Urandi S/A., pelo apoio de material técnico e financeiro, e ao Professor Doutor Evaristo Ribeiro Filho, pela orientação dispensada durante a execução do trabalho de Mestrado.

BIBLIOGRAFIA

- BORCHERT, H. — 1970 — On the Ore-Deposition and Geochemistry of Manganese. *Min. Deposita* 5(3):300-314.
- BRICKER, O.P. — 1965 — Some Stability Relations in the System Mn-O-H₂O at 25°C and one Atmosphere Total Pressure. *Amer. Mineral* 50(9):1296-1354.
- DERBY, I.A. — 1901 — On the Manganese Ore Deposits of the Queluz (Lafayette) District, Minas Gerais, Brazil. *Amer. Jour. Sci.* XII:18-32.
- GARRELS, M.R. e CHRIST, C.L. — 1965 — *Solutions, Minerals, and Equilibria*. Harper & Row, New York, 450 pp.
- INDA, H.A.V. e BARBOSA, J. F. — 1978 — Texto Explicativo para o Mapa Geológico do Estado da Bahia, escala 1:1 000 000. SME/CPM, Salvador, 137 pp.
- JAMES, H.L. — 1951 — Iron Formation and Associated Rocks in the Iron River District, Michigan. *Geol. Soc. America Bull* 62(3):251-266.

- JAMES, H.L. — 1954 — Sedimentary Facies of Iron-Formation. *Econ. Geol.* 49(3):235-293.
- KRAUSKOPF, B.K. — 1956 — Separation of Manganese from Iron in Sedimentary Processes. *Geoch. Cosmoch. Acta* 12(1/2):85-93.
- KRUMBEIN, W.C. e GARRELS, R.M. — 1952 — Origin and Classification of Sediments in Terms of pH and Oxidation-Reduction Potentials. *J. Geol.* 60(1):1-33.
- MACHADO, R. — 1977 — Geologia e Gênese do Depósito de Manganês de Bandarra, Município de Jacaraci, Bahia. Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, 109 pp.
- MACHADO, R. e RIBEIRO FILHO, E. — 1980 — Geology and Genesis of Deposit of Bandarra, Urandi District, Brasil XXVI Intern. Geol. Congr., Paris 1980, 3, Sec. 13, p. 962.

- MASCARENHAS, J.F. — 1979 — Estruturas do Tipo "Greenstone Belt" no Leste da Bahia. *In*: H. Inda (ed. texto) *Geologia e Recursos Minerais do Estado da Bahia*, vol. II SME/CPM, Salvador, 165 pp.
- RIBEIRO FILHO, E. — 1968 — Geologia da Região de Urandi e das Jazidas de Manganês Pedra Preta, Barreiro dos Campos e Barnabé, Bahia. Tese de Livre-Docência apresentada à Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, 82 pp.
- RIBEIRO FILHO, E. — 1969 — Cobre nativo associado a óxidos de manganês em Urandi, Bahia, *Anais XXIII Congr. Bras. Geol.*, pp 191-194, Salvador.
- RIBEIRO FILHO, E. — 1976 — Textures indicating the Genesis of Manganese Ores in the Area of Urandi. *Abstracts (3) XXV Intern. Geol. Congr.* Sidney, Austrália.
- ROY, S.P. — 1965 — Comparative Study of the Metamorphosed Manganese Protorees of the World. The Problem of the Nomenclature of the Gondites and Kodurites. *Econ. Geol.* 60(6):1238-1260.
- SAVAGE, W.S. — 1939 — Solution, Transportation and Precipitation of Manganese. *Econ. Geol.* 31(3):278-297.
- TURNER, F.J. e VERHOOGEN, J. — 1960 — *Igneous and Metamorphic Petrology*, 2nd. ed., McGraw-Hill Book Co. Inc., New York.

MANUSCRITO

Recebido em 12 de julho de 1982

Revisão aceita em 17 de janeiro de 1983