Boletim IG. Instituto de Geociências, USP, V. 5: 47-55, 1974. GEOLOGIA DA MINA DE MANGANÊS PEDRA PRETA, URANDI, BAHIA

por

Evaristo Ribeiro Filho

Departamento de Geologia Econômica e Geofisica Aplicada

ABSTRACT

The Pedra Preta manganese mine is located in the southwest part of Bahia state. Brazil. The manganese deposits consist of lenticular bodies in which minerals of the alpha MnO2 group are dominants. The lens like shaped deposits of manganese ore are intercalated between schists of the Precambrian age. The manganese content of the ores varies from 45 to 53%. The ore is low in silica, alkalis and iron. The Pedra Preta manganese deposit was formed by regional metamorphism of syngenetic sediments with primary manganese oxides. The ore reserve is almost completely exausted.

RESUMO

A mina de manganês Pedra Preta está localizada no sudoeste do Estado da Bahia. Seus depósitos de manganês consistem de corpos lenticulares de minério, nos quais os minerais predominantes pertencem ao grupo alfa MnO2. Os corpos lenticulares de minério de manganês estão intercalados em xistos do Precambriano. O teor de manganês no minério é variável entre 45 e 53%. Os teores de ferro, sílica e de alcalis são baixos. O minério da mina Pedra Preta formou-se por metamorfismo regional sobre sedimentos singenéticos, ricos em óxidos primários de manganês. A reserva total desta pequena mina do distrito de Urandi, hoje quase totalmente exaurida, não oferece condições de resolver o problema da demanda crescente de minério de manganês da região centro-sul do Brasil.

LOCALIZAÇÃO

A mina Pedra Preta está situada 13 km a sudoeste de Licínio de Almeida e 18 km a leste de Urandi. Localiza-se no planalto a leste da serra quartzítica, encravada na cordilheira do Espinhaço, em terrenos com altitudes variáveis entre 900 a 970 metros. O relevo montanhoso com cristas que se salientam na topografia, foi preservado graças à resistência que o minério de manganês, formado por enriquecimento supérgeno. ofereceu à erosão. Este minério, quer sob a

forma de material rolado quer constituindo crostas, forma camadas espessas que protegem as rochas da intensa ação erosiva.

De 1964 para cá a mina Pedra Preta vem sendo explorada e já produziu neste período cerca de 120.000 toneladas de minério. Após a abertura de várias frentes de trabalho para a exploração do minério, foi possível caracterizar melhor os depósitos managanesíferos, como também atualizar os cálculos

de reserva. Hoje a jazida está quase exaurida e somente com 50% de recuperação em consequência da elevada produção de finos.

GEOLOGIA

As rochas predominantes na área da mina Pedra Preta são sericita-xistos e granada-xistos, entre as quais estão intercaladas algumas lentes pouco espessas de quartzito e grafita-xistos. As lentes formadas de minério macio de manganês, estão encaixadas concordantemente nos sericita-xistos e granada-xistos, com xisto-sidade em direção nordeste e mergulho para sudeste.

Duas são as lentes de minério perfeitamente distintas na área. Uma se estende da frente 1 (F-1) até a frente 8 (F-8), e representa o corpo de minério que tem contribuído com a maior parcela da produção da mina. A outra localiza-se da frente 9 para oeste, tendo sido também encontrada no poço 23 (Fig. 2).

Além destas lentes principais de minério, várias outras de pequena espessura se intercalam nos xistos regionais. Ao sul da área do mapa aflora uma lente de quartzito que está também exposta às margens do Córrego Seco. Este quartzito está tão intensamente impregnado de óxido de manganês, que chega a conter 25% de MnO. Na frente 4, pequenas concentrações de barita estão incluídas no minério lenticular de manganês.

Os granada-xistos possuem cristais de granada com diâmetros entre 1 e 3 milímetros, geralmente em avançado estádio de decomposição, o que torna impraticável e identificação do tipo da granada. Localmente alguns cristais de granada se mostram com dimensões superiores à média, chegando a atingir 1,5 centímetros.

Os xistos de Pedra Preta estão pouco dobrados, e somente nas imediações da frente 4 há uma falha de pequeno rejeito, evidenciada pela estriação e espelhos de falha imprimidos no próprio minério.

O MINÉRIO

Os depósitos de minério da mina Pedra Preta poderiam ser classificados simplesmente como minério lenticular e minério de enriquecimento supérgeno.

Esta classificação seria suficiente do ponto de vista da gênese do minério, mas deixaria muito a desejar sob o aspecto prático para a mineração. Por esta razão, atendendo às características genéticas do minério, mas também no intuito de facilitar a mineração e seleção do produto comercial, pode-se adotar a seguinte classificação:

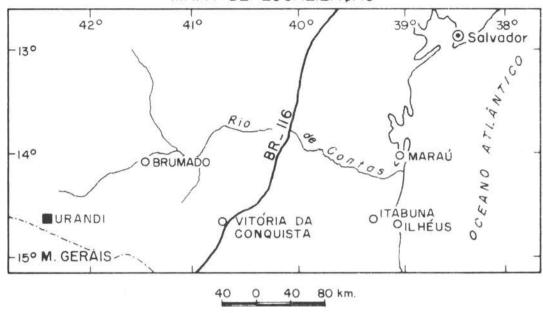
1 — Depósito lenticular (Residual) Minério macio Minério pulverulento

2 – Depósitos de enriquecimento supérgeno Rolado—Minério compacto com fratura concoidal Minério compacto com geodo de pirolusita Minério compacto e botrioidal Laterítico — tipo canga

Minério lenticular. Corresponde a depósitos de minério macio e leve que ocorrem formando lentes encaixadas entre sericita-xistos, granada-xistos e quartzitos. São corpos lenticulares, de forma irregular e com espessuras variáveis desde poucos centímetros até 10 metros. Estas lentes persistentemente concordantes com a xistosidade, contêm minério cujos teores de manganês variam entre 45 e 51%. Os teores de sílica estão entre 0,68 e 3,00%. O conteúdo em óxido de bário aumenta em profundidade e apresenta valores entre 0,70 e 14,34%. As porcentagens de fósforo oscilam entre 0,05 e 0,12%.

Macroscopicamente este tipo de minério tem o aspecto de um agregado terroso e preto. O traço varia de preto a cinza escuro;

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



a dureza é inferior a 2 e a densidade em torno de 1,2.

Localmente o minério lenticular macio constitui zonas de minério friável que, por ser facilmente desagregável e reduzível a pó, pode ser classificado como minério pulverulento.

Aparentemente estas zonas de minério pulverulento não obedecem a controle estrutural algum, originando-se provavelmente em virtude do comportamento diferencial do protominério durante o processo de meteorização.

No minério lenticular ocorrem também blocos inclusos de minério compacto, com dimensões variáveis e formados secundariamente por enriquecimento supérgeno.

Os pequenos veios de barita verificados no minério lenticular macio são provavelmente concentrações de barita singenética remobilizada. Estas massas de barita são de dimensões centimétricas, cortam o minério mas também são secionadas por óxidos de manganês e não são contínuas nos xistos encaixantes como

seria de se esperar caso se tratasse de veios hidrotermais posteriores à mineralização de manganês.

Em seção polida, na qual não se consegue bom polimento, o minério macio revela somente massa microcristalina finamente homogeneizada.

Minério com pirolusita. Este tipo de minério, encontrado somente à superfície do terreno, não é comum na área da mina Pedra Preta. Consiste em massas de minério macio endurecido secundariamente por soluções ricas em manganês, que na fase final de precipitação dos óxidos, originaram geodos de pirolusita acicular.

Minério compacto e pesado com fratura concoidal. Os depósitos de minério compacto foram originados por enriquecimento supérgeno, provocado principalmente pela ação do intemperismo sobre minério lenticular. Não há evidências de que as rochas granatíferas teriam contribuido para a formação deste tipo de minério. Este tipo de depósito ocorre frequentemente constituindo minério rolado

composto de nódulos, seixos ou grandes blocos dispersos em solo quartzoso, às vezes em estrutura botrioidal. Menos frequentes são os blocos eluviais de minério compacto, formados também por enriquecimento supérgeno, e que estão incluídos no minério lenticular macio. Há locais em que a expressão do minério lenticular em superfície acha-se camuflada por uma crosta de minério compacto, que o recobre com espessuras variáveis, mas de poucos metros.

Macroscopicamente o minério compacto é facilmente distinguido dos outros tipos tanto pelo maior peso quanto pelo fraturamento concoidal proeminente que lhe é peculiar. Seu traço é cinza escuro e a densidade igual a 4,28.

Microscopicamente, examinando-se em seção polida, nota-se que o minério, aparentemente constituido de massa microcristalina e homogênea, está na realidade recortado de veios microscópicos de quartzo.

O conteúdo de manganês do minério compacto varia de 45 a 53,4%; óxido de bário está em porcentagem de 3,0 a 5,88%; o teor de sílica varia de 0,49 a 6,22% o de ferro de 0,51 a 1,02 e o de fósforo 0,01 a 0,09%

Depósito laterítico. Corresponde a rochas formadas pela concentração de manganês proveniente de soluções descendentes, comumente encontradas em regiões de clima tropical. Teoricamente são formados por um processo de laterização semelhante ao mesmo que origina lateritos ricos em ferro, sendo que no caso em apreço é precipitado manganês sob a forma de Mn4+, após ter sido solubilizado como Mn2+. Simultaneamente deve haver remoção de sílica, juntamente com outros elementos e separação do ferro, alumina e manganês. Levando-se em conta a tendência que o manganês possui de fixar-se nas imediações dos afloramentos em que ocorre, qualquer rocha manganesífera pode fornecer manganês para este tipo de depósito. No caso da mina Pedra Preta, porém, acredita-se que a maior contribuição em manganês, proveio do minério lenticular. A quantidade de manganês oriunda de granada-xistos decompostos deve ter sido incompara-velmente menor do que aquela proveniente das lentes de minério. Esta afirmação está baseada no fato de que, apesar da extensão em que os granada-xistos afloram, os depósitos lateríticos estão restritos às zonas vizinhas dos depósitos lenticulares.

Durante a precipitação do manganês para formar os lateritos, foram também englo-

TABELA 1
Diagramas de pó de pirolusita. Radiações Fek a, filtro Mn.

Nsuta ASTM		Serra de Valarelli		Mina Pedra Preta	
d(Aº)	1/10	d(Aº)	1/10	d(A ^o) (4,68) (4,23) (4,14)	1/1° 1 1
3,48 3,48 - 3,14	10 10 - - 10 -	3,43 3,33 3,21 3,11 2,66	6 0,5 0,5 10	(3,69) 3,42 3,33 - 3,10 2,64	1 5 3 -
2,41 - 2,21	50 - 10	2,41 2,33 2,20	3 1 2	2,40 - 2,19	9 - 2 -
2,13 1,98 1,81 - 1,68	25 15 5 -	2,11 1,968 1,784 1,714 1,662	3 1 2 1	2,10 1,967 1,733	6 4 1 -
1,63 - - 1,56	50 - - 25	1,623 1,599 1,575 1,556	6 2 2 6	1,622 - - 1,556	8 - - 4
 1,43 1,40	15 15	1,532 1,461 1,445 1,393 1,367	1 0,5 0, 5 3 2	1,539 - 1,435 1,392	4 3
1,31 - 1,25 1,20	20 - 5 5	1,307 1,278 —	2 2 - -	1,304 - - 1,201	6 - 2
1,16 1,125 1,10 1,057 1,04	5 5 15 10	1,123 - 1,055 1,038	1 - 2 2 2	1,160 1,122 1,099 1,056 1,035	2 1 1 1 4 3
1,0 _ _	10 - -	_	=	0,999 - -	3

(4,68) etc. — Reflexões não identificadas. ASTM — Fichário de diagramas de pó. bados seixos de quartzo e de minério compacto rolado, formando-se assim um agregado semelhante à canga. Neste caso a cimentação é principalmente de óxidos de manganês ao invés de óxidos de ferro, como acontece nas cangas de ferro.

Os depósitos de granzon, originados também sob condições de laterização, raramente ocorrem na mina Pedra Preta, pois ali a topografia, solo areno-quartzoso, vegetação pobre e circulação rápida de água criaram ambiente desfavorável à sua formação.

TABELA 2 Análises químicas dos minérios da mina Pedra Preta Porcentagens médias em peso Minério lenticular

Amostras	Mn%	Mn0%	Mn02%	Si02%	Ba0%	Fe%	P%
Média de 8 poços em minério macio	48,49	62,25	69,56	2,91	5,73	1,55	0,078
Média de 17 lotes com 30 t cada Minério macio	50,11	_	71,74	1,11	5,83	1,68	0,104
Média de 4 lotes com 200 t cada Minério macio	50,05	_	71,70	1,67	_	1,33	0,054

TABELA 3 Análises químicas de minério compacto da mina Pedra Preta Porcentagens em peso

Amostras *	Mn%	Mn0 ₂ %	Si02%	Ba0%	Fe%	P%
1	51,55	76,72	0,48	3,50	0,51	0,043
2	51,55	78,77	0,77	5,79	0,68	0,026
3	53,47	76,81	0,70	3,58	0,68	0,045
4	52,21	75,73	1,33	5,88	0,85	0,099
5	53,03	76,38	0,81	4,53	1,02	0,040
6	53,43	78,15	0,90	4,07	0,68	0,031
7	53,09	77,94	0,85	2,95	0,70	0,060
8	52,05	77,50	0,80	3,71	0,85	0,047
Teor Médio	52,54	77,35	0,83	4,25	0,74	0,049

Amostragem em lotes de minérios com 200 toneladas cada um. Analista: Fernando Peixoto, químico da Icominas S.A..

TABELA 4
Paragênese dos minerais de manganês
Mina Pedra Preta

Minerais	Período de mineralização				
winerals	Minerais metamórficos	Minerais supérgenos			
Óxidos de Mn do grupo alfa Mn02					
Mangano-magnetita					
Criptomelana					
Pirolusita					

----- Possível

Os depósitos de laterito da mina Pedra Preta, tal como acontece com os similares em outras regiões do mundo, raramente são economicamente aproveitáveis. Podem ser misturados com minério de alto teor em manganês e baixo em sílica, quando possuem porcentagens de sílica ao redor do teor crítico.

Reserva de Minério*

As reservas de minério da mina Pedra Preta eram as seguintes:

Minério lenticular provado	45.000	t
Minério eluvial e rolado	42.000	t
Minério lenticular possível	40.000	t
TOTAL	127.000	t

^{*} Até 1971 foram exploradas cerca de 120.000t.

GÊNESE DOS DEPÓSITOS DE MANGANÊS

As lentes-camadas de protominérios metamórficos da jazida Pedra Preta se originaram como parte da deposição de rochas sedimentares arenosas e argilosas. Na sequência sedimentar que posteriomente foi metarmorfizada, havia camadas ricas em minerais de manganês.

O grande problema que se tem a resolver no estudo das jazidas metamórficas de manganês, quer sejam do tipo gondítico, carbonático, ou provenientes de óxidos primários, consiste no esclarecimento de suas origens como singenéticas ou epigenéticas. Antes que se discuta esta questão, que embora muito controvertida é de crucial importância tanto na gênese dos depósitos de manganês quanto nos seus aspectos econômicos, algumas observações e fundamentos devem ser assentados:

- 1 As lentes com minério de manganês estão estratigraficamente bem definidas nos seus contatos com os metassedimentos nos quais se encontram encaixadas.
- $2-{\rm Os}$ corpos lenticulares com deposição de manganês, são concordantes com os sericita-

xistos e granada-xistos encaixantes, notando-se em todo o pacote de metassedimentos persistência nas direções e mergulhos. Nas zonas com dobramentos, as faixas mineralizadas acompanham as dobras dos xistos. Quando há falhas, o minério lenticular também se acomoda aos falhamentos das rochas encaixantes.

- 3 Nas proximidades da mina Pedra Preta há outras jazidas em que se pode observar a associação do minério lenticular com horizontes de quartzito. Trata-se de quartzitos micáceos em contato nítido com o minério, intercalados concordantemente na sequência metassedimentar.
- 4 Localmente as lentes com minério de manganês passam gradualmente a xistos manganesíferos que exibem bandamento nítido. Nestes xistos manganesíferos há às vezes preservação de moldes, que correspondem a antigos cristais de granada, agora completamente decompostos.
- 5 Na área da mina Pedra Preta não foram encontradas ocorrências de rochas carbonáticas com características de protominério. Ao sul da mina, no morro do Egeu, aflora dolomito, numa lente com pequena espessura e intercalada em sericita-xisto. Tal ocorrência não constitui protominério. Na própria mina Pedra Preta ocorre dolomito, porém sem qualquer indício de alteração em óxidos de manganês.
- 6 Não foram localizados afloramentos de gondito em área alguma do distrito manganesífero de Urandi.
- 7 Não há evidência alguma de reações de contato entre os corpos lenticulares com minério de manganês e os xistos adjacentes, o que afasta a possibilidade de ter havido influência ígnea, hidrotermal ou mesmo pneumatolítica. Os possíveis veios de barita que cortam as lentes de minério, devem representar uma fase posterior à da formação dos depósitos de manganês.

- 8 O minério lenticular é predominantemente macio, friável, poroso e mole, comparável ao descrito como do tipo wad, que segundo Park (1956) é comum em depósitos residuais bem como em material estratificado de idade recente, mas não parece ter sido encontrado como um produto de substituição hipógena.
- 9 Jazidas semelhantes à de Pedra Preta têm sido descritas em outras regiões da Terra, onde são tidas como metamórficas. A título de exemplos podem ser citados os depósitos de Andhra Pradesh, (Rao 1963) e os de Madhya Pradesh, (Roy e Purkait 1965) na Índia. (Park 1956) num trabalho sobre a origem do manganês, usa a classificação Depósitos Metamórficos, citando vários exemplos de jazidas formadas por metamorfismo. No Brasil, as jazidas de Minas Gerais e a do Amapá foram originadas do ataque intempérico de protominérios formados por metamorfismo, (Nagell e Silva 1961, Castro, 1963, Dorr et al. 1958, Reeves 1966).

Considerando-se os pontos abordados nos itens acima, chega-se à conclusão de que as associações litológicas observadas nos trabalhos de geologia de campo, as estruturas observadas no minério, bem como o próprio tipo de minério, indicam definitivamente que os depósitos de manganês da Mina Pedra Preta resultaram da ação do metamorfismo sobre sedimentos primários.

Após os comentários sobre a origem metamórfica do minério de manganês da mina em estudo, poder-se-ía tomar o assunto como encerrado. Entretanto preferimos ir um pouco adiante, tecendo considerações sobre o problema da origem singenética-epigenética. Claro que a interpretação deste assunto envolve questões complexas, que por isto mesmo estão sujeitas a várias contestações, das quais não nos podemos furtar.

Além dos argumentos a favor da origem metamórfica, já considerados, deve-se ainda esclarecer o seguinte:

- 1 Park (1956) menciona que muitos dos depósitos sedimentares se formaram provavelmente por precipitação direta dos óxidos de manganês. Cita os exemplos das minas de Cuba, México, Chile e Nevada, onde não há evidências da presença de carbonato, concluindo que foram formados diretamente como óxidos.
- 2 Hewett (1966) cita exemplos de depósitos estratificados de manganês com deposição original de óxidos de manganês. Dá o exemplo de Chiatura, jazida do sul da Rússia, onde a pirolusita, que representa o mineral mais abundante, parece ter sido depositada primariamente.
- 3 Varentsov (1964) descreve vários depósitos sedimentares da Rússia nos quais houve deposição primária de óxidos de manganês.
- 4 Hariya (1961) comprova a existência de óxidos de manganês nos depósitos sedimentares de Hokkaido.
- 5 O diagrama Eh-pH, com os campos de estabilidade dos minerais comuns de manganês, mostra a possibilidade de precipitação de óxidos de manganês em soluções oxidantes. Esta previsão teórica tem sido comprovada em algumas jazidas sedimentares e nas ocorrências de nódulos de manganês formados nos fundos oceânicos (Krauskopf 1967, Mero 1962).
- 6 Na mina Pedra Preta ocorre o mineral mangano-magnetita, mineral que se formou a partir de óxidos do grupo alfa MnO₂, sob condições de alto grau de metamorfismo.

CONCLUSÕES

Baseados nos exemplos de depósitos originados por precipitação primária dos óxidos de manganês, aplicando-se os dados inferidos de considerações teóricas e levando-se em conta os fatos observados em jazidas comparáveis à mina Pedra Preta, chega-se à conclusão de sua provável origem singenética. Na sequência sedimentar formada de fácies que se repetem, haviahorizontes ricos em óxidos de manganês, que deram origem aos depósitos lenticulares de manganês. As camadas com sedimentos pelíticos e contendo algum manganês, depois de metamorfizadas formaram granadaxistos. Os sedimentos também pelíticos, mas sem manganês, deram origem aos sericitaxistos com pequenas faixas de grafita-xistos. As camadas quartzosas originaram os quartzitos.

Durante o metamorfismo, nas zonas em que havia ferro disponível, com aumento de temperatura deu-se a formação de manganomagnetita. De acordo com o diagrama Eh-pH, com os campos de estabilidade dos óxidos de manganês, não seria possível explicar a contemporaneidade de formação de óxidos do grupo alfa MnO₂ e mangano-magnetita em condições de ambiente fortemente oxidante.

Nas lentes de manganês aqui consideradas como singenéticas, há também criptomelana produzida numa segunda geração por enriquecimento supérgeno, formando massas de minério compacto, que se acham inclusas no minério macio.

A paragênese dos minerais de manganês da mina Pedra Preta pode ser resumida na tabela 4.

De todas as jazidas estudadas no distrito manganesífero de Urandi, a mina Pedra Preta foi a de maior reserva. Levando-se em conta este fato, o alto teor do minério e suas baixas porcentagens em ferro e sílica, tal minério foi utilizado como corretivo de minérios de má qualidade que ocorrem na região, e também como matéria prima especial para algumas empresas de Minas Gerais e de São Paulo.

A mina Pedra Preta, bem como as outras que ocorrem neste distrito manganesífero da Bahia, não oferecem condições de resolver o problema da demanda crescente de minério de manganês da região centro-Sul do Brasil.

BIBLIOGRAFIA

- 1 CASTRO, L. de OLIVEIRA 1963 -Study of the Manganese Ores of the Serra do Navio District, Amapá, Brazil. Soc. Bras. Geol., Bol. 12 (1 e 2): 5 - 35.
- 2 DORR II, J.V.N. et al. 1958 -Jazidas de Manganês de Minas Gerais. D.F.P.M., Bol. 105.
- 3 HARIYA, YU 1961 Mineralogical Studies on Manganese Dioxide and Hidroxide Minerals in Hokkaido, Japan. Jour. Fac. Sci., Hokkaido, 10 (4): 641 - 702.
- 4 HEWETT, D.F. 1966 Stratifield

- Deposits of the Oxides and Carbonates of Manganese. Econ. Geol., 61 (3): 431 461.
- 5 KRAUSKOPF, K. 1967 Introduction to Geochemistry. McGraw Hill Book Company, New York. 721 pp.
- 6 MERO, J.L. 1962 Ocean Floor Manganese Nodules. Econ. Geol., 57 (5): 747 - 767.
- 7 NAGELL, R.H. e SILVA, A.R. 1961 O Carbonato de Manganês como Protominério do Distrito de Serra do Navio, Território Federal do

- Amapá. Soc. Bras. Geol., 10 (2): 53 62.
- 8 PARK, C.F.Jr. 1956 On the Origin of Manganese. XX Congresso Geológico Internacional, Tomo I (Symposium del Manganeso): 75 – 98. México.
- 9 RAO, J.S.R.K. 1963 Microscopic Examination of Manganese Ores of Srikakulan and Visakhapatnam Districts, Andhra Pradesh, India. Econ. Geol., 58 (3): 434 - 440.
- 10 REEVES, R.G. 1966 Geology and Mineral Resources of the Monlevade and Rio Piracicaba Quadrangles, Minas Gerais, Brazil. U.S.G.S. Professional Paper 341 - E, 58

pp., Washington.

- 11 ROY, S. and PURKAIT, P. K. 1965—
 Stability Relations of Manganese
 Oxide Minerals in Metamorphic
 Orebodies Corresponding to Sillimanite Grade in Gowari Wadhona
 Mine Area . . . Econ. Geol. 60 (3):
 601 613.
- 12 VALARELLI, J.V. 1967 O Minério de Manganês da Serra do Navio, Amapá. Tese de Doutoramento defendida na U.S.P.
- 13 VARENTSOV, I.M. 1964 Sedimentary Manganese Ores. Elsevier Publi. Company, New York. 119 pp.