

## CAPÍTULO V

### CONSUMO E RECUPERAÇÃO DO MANGANÊS NA SIDERURGIA

#### 1. GENERALIDADES

Nos Capítulos III e IV foram analisados os principais aspectos metalúrgicos referentes, respectivamente, ao papel do manganês e à economia de manganês pela indústria siderúrgica, responsável pela utilização de mais de 95% da tonelagem de minérios extraídos em todo o mundo.

Analisar-se-ão agora a estrutura do consumo de manganês, suas tendências na siderurgia moderna e os diversos processos que vêm sendo adotados ou estudados para permitir reduzir a deficiência que quasi todos os países de grande indústria têm de minérios de manganês e para, em eventuais situações de crise de abastecimento, lançar mão de minérios marginais ou de sub-produtos ou resíduos que possam ser tratados.

Muito embora sejam verdadeiramente imensas as reservas conhecidas de minérios de manganês no mundo em face do ritmo de consumo, o que faz com que em períodos normais nenhuma preocupação exista, nem mesmo a de ordem econômica — dada a reduzida incidência do custo do manganês na composição do custo do lingote de aço — o isolamento em que se viram na última guerra países como a Alemanha e o Japão ou a ameaça de dificuldades de abastecimento com que se defrontaram os Estados Unidos, fizeram com que, nesses países, consideráveis esforços fôssem dirigidos a, nesses períodos, diminuir a estrategicidade desses minérios.

#### 2. ANÁLISE DO CONSUMO DE MANGANÊS PELA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA

A falta de estatísticas acuradas acêrca da composição do consumo de manganês (nas formas de minério adicionado à carga dos altos-fornos e de ferro-ligas utilizados na produção dos aços, incluindo-se aqui as perdas relativas à produção desses ferro-ligas) pela indústria siderúrgica nacional torna impossível conhecer com razoável segurança a parcela da produção nacional de minério de manganês que é presentemente utilizada no país.

Freqüentemente têm-se tomado um consumo global de minério de 50 kg/t de aço, quando n'outras vezes utiliza-se, sem maior análise, um dado de 25 kg de manganês por t de aço (1.5). Ver-se-á, a seguir, que ambos êsses dados são errôneos, conduzindo a estimativas de consumo muito diversas das da realidade.

Convém, por isso, analisar as produções siderúrgicas mundiais

nos últimos anos e correlacioná-las com a produção mundial de minérios de manganês. Ter-se-á assim um conjunto de índices anuais de produção de minérios de manganês utilizáveis em siderurgia em relação à produção siderúrgica; êsses índices serão dados, para cada ano, pelo quociente da produção mundial de minérios de manganês, em kg, pela tonelagem da produção siderúrgica (lingotes mais peças fundidas).

Na tabela n.º 20 foram reunidos os dados referentes à produção siderúrgica mundial no período 1946-1955 extraídos de Minerals Yearbook (2.5) e de The Iron Age (3.5) e à produção mundial de minérios de manganês, extraídos também de Minerals Yearbook (4.5) e (5.5); nessa tabela figuram também calculados os valores dos índices “minério médio mundial por t de produção siderúrgica mundial”:

T A B E L A N.º 20

PRODUÇÃO MUNDIAL DE MINÉRIOS DE MANGANÊS COMPARADA À PRODUÇÃO SIDERÚRGICA MUNDIAL

(*lingotes mais peças fundidas*)

<i>Ano</i>	<i>Produção siderúrgica mundial 10<sup>3</sup>t</i>	<i>Produção mundial de minérios de manganês 10<sup>3</sup>t</i>	<i>Minério médio mundial/t produção siderúrgica mundial kg/t</i>
1946	109.000	3.700	33,6
1947	133.200	3.900	28,2
1948	151.200	4.200	27,7
1949	156.900	4.800	30,6
1950	185.000	5.500	29,7
1951	207.500	7.000	33,8
1952	207.400	7.700	37,3
1953	234.000	9.500	40,6
1954	222.000	8.800	39,6

Mostram inequivocamente os índices acima que a produção mundial de minérios de manganês não corresponde ao consumo desses minérios pela indústria siderúrgica mundial nesses mesmos anos.

Existem assim necessariamente flutuações de estoque, por decalagens entre a produção e a utilização. Além disso, os teores dos minérios de manganês diferem bastante de país a país. Em conseqüência, a unidade “minério de manganês” é de escasso sentido prático ao se tentar examinar os índices efetivos de consumo do metal contido.

Em virtude da falta de estatísticas nacionais detalhadas, a análise somente pode ser feita com base nos dados magníficos que

podem ser analisados das publicações especializadas do "United States Bureau of Mines", as quais, além de precisar o teor médio ponderal dos minérios utilizados pela indústria siderúrgica norte-americana, seja os de procedência americana, seja os de importação, distinguem também os minérios carregados diretamente nos altos-fornos, os minérios utilizados para a produção dos ferro-ligas e, finalmente, os consumos totais dos diversos ferro-ligas contendo manganês.

Convém, por isso, proceder a essa análise de tais dados, na ordem citada.

### 2.1. Consumo de minério de manganês em altos-fornos

Para a produção de 60 milhões de toneladas de gusa pelos altos-fornos dos Estados Unidos em 1954 (6.5) foram empregados 1.480.000 t de minérios de manganês de teores relativamente baixos, dos quais 823.000 t eram de minérios extraídos das jazidas norte-americanas e 585.000 t de minérios importados; todos êsses dados são em toneladas curtas de 2000 lb/t. Para a organização da tabela n.º 21 foram todos os valores convertidos a toneladas métricas:

T A B E L A N.º 21  
MINÉRIOS DE MANGANÊS UTILIZADOS NOS ALTOS-FORNOS NORTE-AMERICANOS EM 1954

<i>Tipo</i>	<i>Teor</i> %	<i>Pêso</i> <i>t métrica</i>	
americano baixo teor	5 a 10	726.000	
americano médio teor	10 a 35	17.000	
americano alto teor	mais que 35	2.000	745.000
			334.000
importado baixo teor	5 a 10	116.000	
importado médio teor	10 a 35	42.000	492.000
importado alto teor	mais que 35		1.237.000

Supondo agora que o teor médio ponderal se situe na metade do intervalo da faixa (isto é, seja de 7,5% Mn para os minérios entre 5 e 10% e de 22,5 para os entre 10 e 35%) para os minérios entre 5 e 35% Mn e que os de mais de 35% Mn conttenham 40% Mn, resultará que o conteúdo de manganês metálico incorporado distribue-se da seguinte forma (tabela n.º 22):

## TABELA N.º 22

DISTRIBUIÇÃO DA ORIGEM DO MANGANÊS METÁLICO  
CONTIDO UTILIZADO NOS ALTOS-FORNOS NORTE-  
AMERICANOS EM 1954

<i>Origem</i>	<i>Manganês contido t métricas</i>	
americano baixo teor	54.500	
americano médio teor	3.800	
americano alto teor	800	59.100
importado baixo teor	25.000	
importado médio teor	26.200	
importado alto teor	16.800	68.000
		127.100

Assim, em 1954, de todo o minério de manganês utilizado para a obtenção de gusa nos Estados Unidos (1.237.000 t métricas) 745.000 t (60%) era de procedência americana e 492.000 t (40%) de importação; entretanto os primeiros continham 59.100 t de manganês metálico (47%) quando os segundos continham 68.000 t (53%).

Nessas condições, o consumo global de todos os altos-fornos norte-americanos para gusa correspondeu a 2,12 kg de manganês contido por t de gusa.

## 2.2. Consumo de minério de manganês na produção de ferro-manganês

Examinam-se agora os dados referentes à utilização de minérios de manganês na produção de ferro-manganês pela indústria norte-americana nos anos de 1946 e 1950, conforme dados extraídos do "Minerals Yearbook". Todos os dados foram convertidos a toneladas métricas, e são os seguintes:

	1946	1950
minério de manganês empregado, t ..	871.000	1.279.000
teor médio do minério, Mn % .....	47,23	46,77
manganês contido no minério, t ....	412.000	597.000
ferro-manganês produzido, t .....	444.000	647.000
manganês contido no ferro-manganês, t	350.000	500.800
teor médio do ferro-manganês, Mn % :	78,69	76,96
rendimento de utilização do manganês do minério no ferro-manganês	85,1	83,9

Depreende-se assim que na produção de ferro-manganês nos Estados Unidos, embora predomine o emprêgo de altos-fornos sobre os fornos elétricos, o rendimento global obtido é bastante elevado (85,1% em 1946 e 83,9% em 1950).

### 2.3. Consumo de minérios de manganês na produção de spiegeleisen e sílico-manganês

Para a produção de sílico-manganês, e principalmente para a produção de spiegeleisen, empregam-se minérios de mais baixo teor em manganês.

Por falta de dados, supor-se-á aqui que os rendimentos da redução desses minérios para esses ferro-ligas sejam iguais aos registrados na produção de ferro-manganês. Ver-se-ão a seguir, com essa hipótese, quais os conteúdos de metal contido nos minérios empregados para esses ferro-ligas.

### 2.4. Consumo de ferro-ligas na produção de aço

Analisa-se aqui agora a estrutura do consumo dos ferro-ligas na produção siderúrgica norte-americana em 1950, conforme os dados do "Minerals Yearbook" (7.5) convertidos a toneladas métricas.

Os dados importantes da produção e do consumo dos diversos ferro-ligas são os seguintes:

produção siderúrgica (lingotes mais peças fundidas), t . . . . .	87.600.000
ferro-ligas empregados:	
ferro-manganês, t . . . . .	701.000
spiegeleisen, t . . . . .	69.000
sílico-manganês, t . . . . .	71.800
consumos específicos:	
ferro-manganês, kg/t . . . . .	7,99
spiegeleisen, kg/t . . . . .	0,788
sílico-manganês, kg/t . . . . .	0,819
teor médio dos ferros-ligas:	
ferro-manganês, Mn % . . . . .	76,96
sílico-manganês, Mn % . . . . .	67,5
spiegeleisen, Mn % . . . . .	20,0
manganês metálico introduzido específico:	
ferro-manganês, kg/t . . . . .	6,15
spiegeleisen, kg/t . . . . .	0,158
sílico-manganês, kg/t . . . . .	0,552
manganês total, kg/t . . . . .	6,860

Assim, o consumo unitário de manganês metálico contido nos diversos ferro-ligas por t de produção siderúrgica anual média da produção norte-americana, é de apenas 6,86 kg/t para tôdas as operações da aciaria.

Com base nesses elementos, e com a análise feita acêrca dos rendimentos na produção do ferro-manganês a qual foi extrapolada para os outros ferro-ligas contendo manganês, pode ser agora estabelecido um índice de consumo de manganês metálico contido em minério por t de produção siderúrgica:

manganês em minério:	
para a produção de 6,15 kg de manganês sob a forma de ferro-manganês .....	7,34 kg
para a produção de 0,158 kg de manganês sob a forma de spiegeleisen .....	0,188 "
para a produção de 0,552 kg de manganês sob a forma de sílico-manganês .....	0,659 "
	8,287 kg

Êsse índice, se referido ao dos minérios brasileiros que têm sido exportados, e supondo-se que sua média seja apenas de 44% Mn, a qual é provavelmente inferior à realidade, corresponde tão somente a 19,2 kg de minério de manganês por t de aço para tôda a média da produção siderúrgica norte-americana.

### 2.5. Consumo global de minério de manganês

Tomando o índice encontrado de consumo de manganês contido em minério utilizado diretamente em altos-fornos, de 2,12 kg/t de gusa, e o índice relativo ao refino, de 8,29 kg/t, resulta um consumo total de 10,41 kg de manganês contido em minério por t de produção siderúrgica.

Se se referir êsse índice a minério de 44% Mn, teor provavelmente inferior à média dos minérios nacionais exportados, êsse consumo *total* corresponde tão somente a 23,7 kg de minério de manganês por t de aço.

Se o manganês consumido por tôda a indústria siderúrgica mundial o fôsse na mesma base de eficiência e de consumo da indústria siderúrgica norte-americana, para a produção de 250 milhões de toneladas de aço por ano, seriam necessários tão somente 2.610.000 t/ano de manganês contido em minérios; supondo um teor médio de 35% para todos os minérios de manganês produzidos, ter-se-ia um consumo total de 7.450.000 t de minérios de manganês.

Assim, as produções de minérios de manganês já registradas de 9.500.000 t em 1953, e provavelmente ainda maiores em 1955-6,

indicam simultaneamente a formação de estoques e menor eficiência na utilização e/ou na produção dos ferro-ligas contendo manganês.

### 3. INFLUÊNCIA DOS PROGRESSOS TECNOLÓGICOS NA PRODUÇÃO DE FERRO-MANGANÊS SÔBRE O CONSUMO DE MINÉRIOS DE MANGANÊS

No parágrafo anterior foi visto que, tomando como índices os verificados na indústria siderúrgica de 1950 nos Estados Unidos, o consumo global de manganês metálico contido em minérios por t de produtos siderúrgicos foi de 10,41 kg/t, sendo que 7,34 kg/t correspondem somente ao ferro-manganês empregado nas aciarias. Convém também notar que, nesse ano, o rendimento médio verificado para toda a produção norte-americana de ferro-manganês fôra de 83,9%, um pouco inferior ao que houvera sido registrado em 1946, que atingira 85,1%.

Embora exista ainda margem para aumento dessa recuperação, é certo que índices dessa ordem decorrem de grandes progressos tecnológicos registrados pelos grandes produtores. Mostra Roush (8.5) que o rendimento de utilização de manganês nos fornos de ferro-manganês nos Estados Unidos fôra de cerca de 60% na primeira guerra mundial, subindo a 70% em 1920, a 75% em 1925 e às visinhanças de 85% desde 1935.

Não houvessem existido os aperfeiçoamentos já referidos na produção de ferro-manganês, e mantidos os níveis de rendimento vigentes em 1920, para a produção de 650.000 t de ferro-manganês em 1950, contendo em média 76,96% Mn, em lugar das 1.279.000 t de minério com 46,77% Mn, teriam sido necessárias nada menos de 1.783.000 t de minério de igual composição. Assim a economia decorrente das pesquisas e dos aperfeiçoamentos tecnológicos monta a cerca de 504.000 t de minério.

Provavelmente em numerosos outros países produtores de ferro-manganês os rendimentos são ainda baixos, talvez de pouco mais de 70%. Para avaliar o que pode representar em consumo de minério essas práticas menos eficientes, o seguinte exemplo é bem ilustrativo: se se admitir para os outros produtores afora os Estados Unidos um nível de produção anual de 1.000.000 t de ferro-manganês de 78% Mn, uma diferença de 14% de rendimento (de 70 para 84%) implicaria em economia de 187.000 t de manganês metálico contido em minérios, ou a 430.000 t de minérios de manganês que contivessem 44% Mn.

As perdas de manganês verificadas nos fornos Siemens-Martin atingem ainda índices elevados, suscetíveis de serem muito melhorados.

Segundo os dados do "Committee of Manganese Conservation" do "American Iron and Steel Institute", para a produção de

65.000.000 t de lingotes de aço foram produzidas 4.472.400 t de escórias de refino Siemens-Martin contendo em média 9,13% Mn, além de 7.226.300 t de escória de acabamento contendo 5,04% Mn. Conteriam assim essas escórias nada menos de 772.600 t de manganês metálico contido, parte da qual poderia ser eventualmente recuperada.

Passar-se-ão em revista, de forma concisa, os principais processos estudados ou utilizados na recuperação de manganês, devendo-se distinguir de início dois grupos de processo distintos: a) processos de recuperação de manganês contido em minérios de baixo teor; b) processos de recuperação de manganês contidos em escórias.

#### 4. RECUPERAÇÃO DE MANGANÊS CONTIDO EM MINÉRIOS POBRES

Convém tornar claro, inicialmente, que minérios de baixo teor de manganês têm distribuição mundial muito mais ampla do que se supõe à primeira vista.

Assim, e como principal exemplo, os Estados Unidos, o maior importador de minérios de manganês e notoriamente deficiente quanto minérios de alto teor, dispõe de consideráveis reservas de minérios pobres. Se, no futuro, um ou mais dos processos enumerados a seguir, ou processos por serem descobertos, vierem a ser aperfeiçoados e diminuídos os custos de produção em relação aos minérios importados, ou se se elevar muito os preços dos minérios que os Estados Unidos importam, então é de se crer que crescentes frações do consumo interno possam ser supridas pelos desenvolvimentos locais.

Do levantamento recentemente feito para o "National Security Resources Board" pelo "United States Bureau of Mines" em 1952, figuram os seguintes dados relativos a reservas de minérios de baixo teor de manganês:

Artillery Mountains . . . . .	20.000.000 t ( 3-4%)
Batesville . . . . .	1.000.000 t ( 15%)
Aroostook County . . . . .	10.000.000 t ( 9%)
Cuyuna Range . . . . .	183.000.000 t ( 7%)
Leadville . . . . .	2.000.000 t (5-35%)
Butte . . . . .	2.500.000 t ( 18%)
Philipsburg . . . . .	500.000 t ( 30%)
Boulder City . . . . .	14.000.000 t ( 3%)
Three Kids . . . . .	10.000.000 t (5-15%)
Gaffney Kings Mountains . . . .	30.000.000 t ( 3-4%)
Chamberlain . . . . .	77.000.000 t ( 15%)



Muitos processos vêm sendo estudados para o aproveitamento de alguns desses minérios. Muito embora no momento presente o custo do manganês metálico contido seja mais elevado do que o contido em minérios de alto teor, não é de se crer que tais processos não possam vir a ser aperfeiçoados passando assim a competir com os minérios importados, mormente se o preço destes vier a se elevar.

Passam-se em revista agora os principais processos descritos na literatura moderna:

#### 4.1. *Processos hidrometalúrgicos*

Os processos hidrometalúrgicos visam lixiviar o manganês contido nos minérios, submetidos êstes ou não a tratamentos prévios para transformar os óxidos em óxido mais conveniente, seletivamente aos demais minerais de ganga, e a precipitar ulteriormente o manganês na forma de composto, do qual se possa ulteriormente, por calcinação, chegar a obter óxido de alta pureza para fins metalúrgicos.

A revista feita recentemente por Dean, Leaver e Joseph (9.5) da situação das patentes obtidas, permite aquilatar dos grandes esforços dispendidos nessa direção.

##### 4.1.1. *Lixiviação por ácido sulfuroso*

Os minérios de manganês de baixo teor em Mn e de alto teor em sílica podem ser tratados seletivamente por ácido sulfuroso, insuflado em polpa do minério. A lixiviação pode ser realizada em contra corrente, o que permite maior eficiência na utilização do ácido sulfuroso.

Numa primeira fase ácida há co-dissolução de ferro e de parte do fósforo; êsses compostos em solução podem contudo ser em seguida precipitados numa fase neutra, à qual se segue a separação dos resíduos. O filtrado, solução diluída de sulfato de manganês, pode ser ulteriormente concentrado por evaporação, e os cristais de sulfato de manganês são por fim calcinados. Obtém-se assim óxido de manganês  $MnO$  de alta pureza.

Diversas variantes dêsse processo, jogando com concentrações e temperatura do  $SO_2$  bem como com as condições na neutralização final, têm sido estudadas, uma delas tendo sido utilizada em escala piloto para o tratamento do minério de Three Kids, Nevada.

Uma variante dêsse processo foi relatada recentemente por Prasky (10.5) em extensos estudos realizados pelo "United States Bureau of Mines" nos minérios de Cuyuna Range, os quais continham em média 7% Mn e 28% Fe. O processo consiste especialmente numa ustulação sulfatante, realizadas em forno vertical de projeto especial, no qual a polpa de minério é submetida à

ação de gases de alto teor em  $\text{SO}_2$  entre 600 e 850 °C. A essa etapa segue-se uma de lixiviação seguida de neutralização e filtração. O filtrado é concentrado por evaporação e os cristais de sulfato de manganês são ulteriormente submetidos à dissociação, a qual assegura a obtenção de óxido de manganês de alto teor, para quaisquer das aplicações metalúrgicas.

O óxido obtido na instalação piloto continha entre 50 e 60% Mn.

#### 4.1.2. *Lixiviação por ácido dithiônico*

Para evitar a etapa de calcinação do sulfato de manganês obtido no processo descrito anteriormente, ainda o "United States Bureau of Mines" estudou em escala piloto um processo pelo qual a solução de sulfato de manganês é tratada por cloreto de cálcio para precipitar hidróxido de manganês. O hidróxido de manganês depois de filtrado é sinterizado, fornecendo óxido de manganês de alta pureza.

As únicas perdas de ditionato (11.5) são aquelas devidas à lavagem incompleta do resíduo e do precipitado. Em usina-piloto que tratava 200 kg/dia de minério encerrando entre 13 e 18% Mn, foram obtidas recuperações de manganês entre 85 e 95%. O consumo de cal foi de 150 a 225 kg/t de minério e o de  $\text{SO}_2$  variável entre 1,5 e 2,2 kg/kg de manganês metálico extraído. O produto final sinterizado continha: 61% Mn, 1% Fe, 0,04% P, 0,7%  $\text{SiO}_2$  e 7.3% CaO, melhor que o mais puro dos minérios naturais.

#### 4.1.3. *Lixiviação por sulfato ferroso*

Nas usinas siderúrgicas integradas, na etapa de decapagem dos produtos siderúrgicos para a remoção das cascas de oxidação, resultam soluções ácidas de sulfato ferroso, contendo entre 0,5 e 10% de ácido livre e entre 10 e 22%  $\text{FeSO}_4$ . O despejo dessas soluções constitui um sério problema nos distritos densamente povoados em virtude dos problemas de poluição dos cursos d'água. O volume anual dessas soluções nos Estados Unidos foi avaliado em 240.000 m<sup>3</sup>.

Por essa razão, Hoak e Coull (12.5) cogitaram de seu emprego na recuperação de minérios de baixo teor. Os estudos realizados de lixiviação do manganês desses minérios, contendo entre 14,7 e 26,9% Mn, mostraram que: 1) as recuperações podem atingir 98%; 2) a precipitação seletiva do ferro pode ser facilmente obtida por adição de leite de cal; 3) o sinter final obtido encerra até 64,5% Mn, e baixos teores de Fe e  $\text{SiO}_2$ .

Apesar de interessantes êsses resultados, deve se observar contudo que êsse processo parece fadado a utilização muito res-

trita, uma vez que dificilmente poderia ser econômico o transporte desses resíduos aos locais onde podem ser lavrados os minérios de manganês de baixo teor.

#### 4.1.4. *Lixiviação por carbamato de amônio*

O processo devido a Dean e a Leute de lixiviação por carbamato de amônio foi aplicado com êxito industrial aos minérios de Cuyuna Range, Minnesota, segundo trabalho recente de Welsh e Peterson (13.5), pela "Manganese Chemicals Corporation".

Essa firma instalou em Riverton, Minnesota, usina com a capacidade de 200 t/dia de minério, a qual produz carbonato de manganês destinado a fins especiais (despolarizante de pilhas principalmente) em virtude do alto teor do produto. O minério presentemente utilizado encerra entre 9 e 10% Mn e 25 a 28% Fe. O processo baseia-se numa etapa prévia em que os óxidos de ferro são transformados em  $Fe_3O_4$  e os de manganês em MnO. O produto final encerra apenas 0,1% Fe.

Estimativa dos autores conduz à previsão de, se uma usina viesse a ser construída para produzir a quarta parte do consumo norte-americano de minérios de manganês de alto teor, o custo de produção permitiria competir com minérios importados.

#### 4.2. *Processos piro-metalúrgicos*

Alguns dos processos piro-metalúrgicos permitem aproveitar tanto o manganês de escórias como de minérios de baixo teor; serão contudo examinados no parágrafo seguinte, dedicado principalmente ao exame do problema de recuperação de manganês de escórias.

Alguns dos processos desta classe têm sido já aplicados em escalas relativamente grandes, permitindo a obtenção de considerável experiência técnica e econômica sobre as questões em jôgo.

##### 4.2.1. *Processo Udy*

O processo Udy foi descrito em recente trabalho de Burke (14.5), descrevendo os dados e os resultados obtidos na usina de Niagára Falls, Ontário, Canadá, da "Strategic-Udy Metallurgical and Chemical Processes Ltd.". O processo lança mão presentemente de minérios de manganês contendo 12 a 13,5% Mn e 15 a 20% Fe de ganga silicosa, oriundos de New Brunswick, Canadá. O minério é submetido à redução seletiva num primeiro forno elétrico trifásico, sendo pré-aquecido em um forno de reverbero operando a 1350 °C, cuja alimentação é submetida à secagem em forno rotativo, aquecido por gases de saída do forno de reverbero. Nesse primeiro forno elétrico regulam-se as condições de forma a assegurar uma redução seletiva a uma liga Fe-C contendo 1 a 2% C e

0,1% Mn, a qual é tratada em conversor para aço doce; a escória resultante é reduzida num segundo forno elétrico de arco com nova adição de coque como redutor e fundentes, obtendo-se ferro-manganês de alto teor em carbono ou silico-manganês e escória; o sílico-manganês pode ser tratado num terceiro forno elétrico trifásico para a obtenção de ferro-manganês de médio ou de baixo teor de carbono.

Na comparação econômica feita pelo autor citado, comparando o custo de produção de ferro-manganês padrão pelo processo Udy a partir de minérios canadenses de baixo teor com minérios de altos teor importados, chega-se à conclusão que o custo direto de produção de ferro-manganês em alto-forno é de US\$ 185 por tonelada, subindo a US\$ 196 quando produzido em forno elétrico de redução, e descendo a US\$ 114 pelo processo Udy, utilizando minérios de baixo teor que custariam apenas US\$ 3.00 por tonelada, contra US\$ 68.00 para minérios importados.

## 5. RECUPERAÇÃO DE MANGANÊS DE ESCÓRIAS DE FORNOS DE REFINO

Conforme foi visto anteriormente, as escórias de refino em fornos Siemens-Martin encerram grande quantidade de manganês. Conforme Vignos (15.5) passa à escória nada menos de 85% do manganês total carregado nos fornos Siemens-Martin.

Inventário recente da situação foi promovido pelo "Committee of Manganese Conservation" do "American Iron and Steel Institute" cobrindo produtores responsáveis por uma produção anual de 65.000.000 t de lingotes de aço; por êsses produtores foram produzidas 4.472.000 t de escórias de refino contendo em média 9,13% Mn, além de 7.226.300 t de escória de acabamento, contendo 5,04% Mn. O conteúdo global de manganês nessas escórias, de 772.600 t, é maior do que todo o consumo anual de ferro-manganês padrão nos Estados Unidos.

É assim evidente o interêsse dos processos que vêm sendo estudados, na Europa e nos Estados Unidos principalmente, para promover o aproveitamento do metal contido.

Passam-se em revista os principais processos de recuperação de manganês de escórias.

### 5.1. *Processo U. S. Bureau of Mines*

O processo desenvolvido pelo U. S. Bureau of Mines devido ao trabalho de Royes (16.5) e Buehl (17.5) consiste essencialmente em reduzir em forno de cuba as escórias Siemens-Martin, tratar o metal resultante em conversor básico para a obtenção de uma escória de alto teor (60% Mn), a qual é depois reduzida diretamente para a produção de ferro-manganês. É assim um pro-

cesso baseado em redução-oxidação-redução dos óxidos existentes nas escórias Siemens-Martin.

O forno experimental de redução foi posto em funcionamento em 1951 e após numerosas dificuldades, vencidas uma a uma, tem funcionado satisfatoriamente. O metal produzido contém 22% Mn com consumo de 2.000 kg coque por t de metal produzido.

A etapa de conversão é realizada em conversor básico, a qual assegura a obtenção de escória contendo entre 56 e 63% Mn, 2 a 3% Fe, 5 a 20% SiO<sub>2</sub>, 3% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e 0,01 a 0,3% P.

Faltam ainda dados, a se julgar dos trabalhos citados, para se poder avaliar a economia do processo. Salienta contudo Sully (18.5) a importância do processo, o qual permitiria a recuperação de pelo menos 300.000 t/ano de ferro-manganês.

### 5.2. *Processo Newcastle*

Hosking e Gregory (19.5) desenvolveram na usina de Newcastle, Austrália, para a "The Broken Hill Proprietary Company" um processo de dois estágios para a recuperação do manganês contido em escórias Siemens-Martin.

O processo consiste essencialmente em se proceder a uma redução em forno elétrico de revestimento ácido do ferro contido na escória, produzindo-se assim uma escória rica em MnO, e, em seguida, tratar essa escória em outro forno elétrico de revestimento básico, produzindo-se um ferro-manganês-silício contendo 1,36% C, 24,12% Fe, 54,13% Mn, 18-20% Si e 0,638% P; a escória final deste forno encerra apenas 1,10% MnO.

Acredita-se que em períodos de dificuldade de obtenção de minérios de alto teor este processo contribua para a produção de ferro-manganês-silício na Austrália. O processo poderia também ser aplicado com êxito em outros países.

## CAPÍTULO VI

### PERSPECTIVAS DE CONSUMO DE MANGANÊS NO BRASIL

#### 1. GENERALIDADES

Antes de se examinar, no Capítulo VII as perspectivas de exportação de minérios de manganês pelo Brasil bem como de ferro-ligas e o significado dessas exportações como fontes de divisas de cuja obtenção decorrerá o ritmo da expansão siderúrgica nacional, convém examinar agora as tendências da expansão da si-