

CONCENTRAÇÃO DO SINTER FEED CASA DE PEDRA E SUAS IMPLICAÇÕES NO PROCESSO DE SINTERIZAÇÃO

L. Rocha¹, T.C. Santiago², A.N. Santana³

1 - Engenheiro de Minas, Mestrando, Engenheiro de Processos Pleno. Companhia Siderúrgica Nacional - Mineração Casa de Pedra. Caixa Postal 97/101, CEP 36.415-000, Congonhas - MG
E-mail: lucianorochoa@csn.com.br

2 - Engenheiro Metalurgista, M.Sc., Coordenador de Pesquisas Tecnológicas. Companhia Siderúrgica Nacional - Mineração Casa de Pedra. Caixa Postal 97/101, CEP 36.415-000, Congonhas - MG
E-mail: tiagoc@csn.com.br

3 - Engenheiro de Minas, M.Sc., Gerente de Tratamento de Minérios. Companhia Siderúrgica Nacional - Mineração Casa de Pedra. Caixa Postal 97/101, CEP 36.415-000, Congonhas - MG
E-mail: aneves@csn.com.br

RESUMO

Os processos nas usinas siderúrgicas adotam especificações cada vez mais rígidas na qualidade das matérias primas. O processo de sinterização da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) não foge a esta realidade e limita o teor de sílica do sinter feed em 4,7%.

Para a produção de um sinter feed que atenda a estas especificações, faz-se necessário a formação de pilhas no pátio de homogeneização de um run of mine com teores de sílica da ordem de 9%, já que o processo produtivo da Mineração Casa de Pedra não contempla a concentração de seu sinter feed. A limitação dos teores de sílica nos produtos, impede que certos tipos de materiais da mina sejam lavrados, reduzindo as reservas. Uma forma de maximizar as reservas de Casa de Pedra é através da adoção de processos que permitam a manutenção dos atuais níveis de sílica na carga metálica dos alto-fornos, mesmo elevando o teor médio do run of mine para próximo de 15% de sílica. Para o sinter feed é necessário introduzir um processo de concentração na sua fração fina. Foi testado em Casa de Pedra um método bastante difundido e com custo de operação relativamente baixo, a concentração gravítica por meio de espirais.

Os resultados metalúrgicos indicam valores aceitáveis para o granulado com relação aos testes de queda, tamboramento, redutibilidade e RDI. Para a fração sinter feed, embora a basicidade seja um pouco mais elevada, os resultados são ligeiramente melhores com relação a redutibilidade, RDI, rendimento, tempo de sinterização e volume de escória.

PALAVRAS-CHAVE: concentração; sinterização piloto; sinter feed.

1. INTRODUÇÃO

Os processos nas usinas siderúrgicas adotam especificações cada vez mais rígidas na qualidade das matérias primas. O processo de sinterização da CSN não foge a esta realidade e limita o teor de sílica do *sinter feed* em aproximadamente 4,70%.

Para a produção de um *sinter feed* que atenda a estas especificações, faz-se necessário a formação de pilhas no pátio de homogeneização de um *Run of Mine* (ROM) com teores de sílica da ordem de 9,0%.

O granulado gerado a partir deste ROM atende a especificação de sílica que é da ordem de 2,7%.

A limitação de teores de sílica nos produtos da Mineração Casa de Pedra, considerando o processo atual, impede que certos tipos de materiais da mina sejam considerados como minérios, o que resulta em limitar as reservas lavráveis.

Uma forma de maximizar as reservas lavráveis da mina de Casa de Pedra é a adoção de processos que permitam a manutenção dos atuais níveis de sílica na carga metálica dos alto-fornos, mesmo aumentando o teor de corte, em termos de sílica, na lavra da mina.

Diante deste cenário, uma eventual elevação da sílica do ROM dos atuais 9% para 15% elevaria um pouco a sílica do

granulado, aumento esse que necessitaria ser compensado por uma redução da sílica no *sinter feed*, o que só pode ser conseguido via concentração.

Algumas formas para promover o ajuste da sílica nos produtos foram estudadas. Para o *sinter feed*, seria necessário introduzir o processo de concentração na sua fração fina (abaixo de 1mm). Um método bastante difundido e com custo de operação relativamente baixo é a concentração gravítica por meio de espirais.

Este relatório, apresenta de forma detalhada, os passos e procedimentos executados pela equipe da Gerência de Tratamento de Minérios na busca de soluções para o que foi acima exposto. Também são apresentados os resultados quantitativos de tais estudos, mostrando-se satisfatórios em relação ao que foi proposto.

2. CONCENTRAÇÃO GRAVÍTICA DA FRAÇÃO FINA DO *SINTER FEED* CASA DE PEDRA ATRAVÉS DE ESPIRAIS

Para os testes piloto de concentração gravítica foi montada uma instalação piloto (em linha com a industrial), conforme descrito a seguir:

2.1. Circuito Implementado

Depois de uma análise detalhada, optou-se por instalar o circuito piloto e uma torre de transferência do produto *sinter feed*, possibilitando:

- Testes contínuos;
- Aproveitamento do desnível geométrico (gravidade);
- Facilidade do descarte dos produtos da planta piloto;
- Controle de percentual de sólidos da alimentação da planta;
- Facilidade de amostragem dos fluxos;
- Melhores condições operacionais.

A Figura 1 apresenta um fluxograma esquemático do circuito piloto.

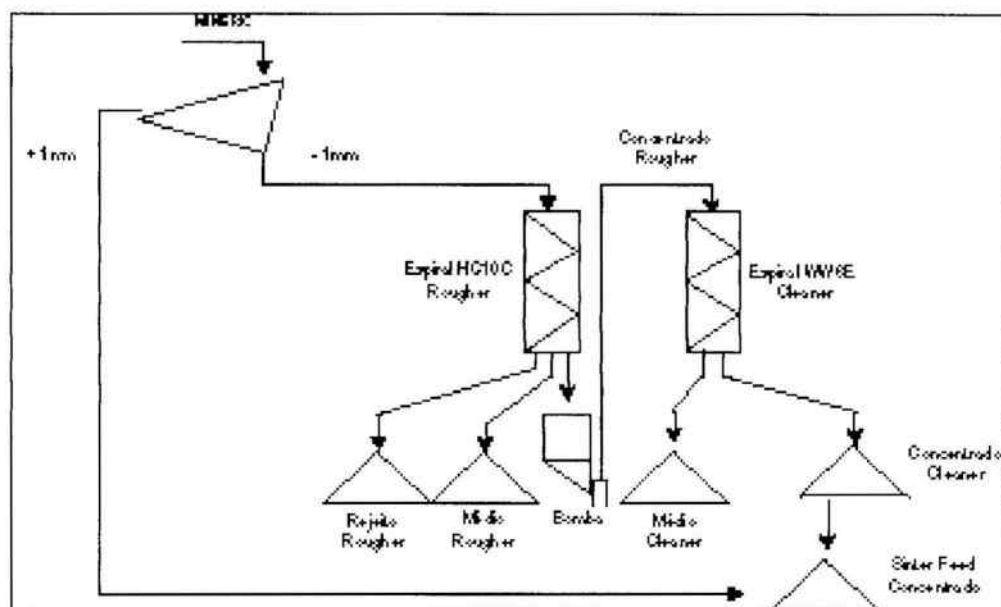


Figura 1 – Fluxograma Esquemático

2.2. Pilha Especial

Para a execução do ensaio industrial foi solicitada a formação de uma pilha especial de aproximadamente 15.000t, disposta em dois cones de 7.500t cada um. Esta pilha foi formada com um material representativo da jazida, para um ROM de 15% de SiO_2 .

Devido a formação de dois cones especiais, tivemos a opção de rodar dois testes para confirmação dos resultados. Ambos

os testes foram realizados dentro dos mesmos padrões e procedimentos.

2.3. Espirais

Para realização dos ensaios piloto, foram utilizadas 02 espirais concentradoras. Ambas as espirais são de 7 voltas, fabricada em fibra de vidro e com diâmetro de 0,70m.

Foi empregado um circuito simples rougher-cleaner. A espiral usada no estágio rougher (sem água de lavagem) e no estágio cleaner (com água de lavagem).

Os estudos foram executados em circuito aberto, porém os novos trabalhos serão conduzidos em circuito fechado onde espera-se resultados mássicos e metalúrgicos melhores do que apresentados neste estudo.

2.4. Peneira Classificadora

Como o teste se baseou na concentração da fração abaixo de 1,00mm do sinter feed, foi necessário promover essa classificação antes da etapa de concentração propriamente dita. Para tal, foi empregada uma peneira piloto, cuja função no circuito foi promover o corte do sinter feed em uma malha de 1,00mm, com razoável eficiência de classificação. Não se preocupou com a otimização das variáveis operacionais da peneira, uma vez que o foco do trabalho foi a etapa de concentração e não de classificação.

2.5. Ensaio Realizados

O *sinter feed* foi desviado por meio de um tubo de aço do chute da correia transportadora para a peneira piloto. A disposição do tubo permitiu o ajuste da quantidade de material a ser desviado, por meio da rotação do ângulo de trabalho, bem como vazão da água empregada.

A classificação do *sinter feed* foi efetuada na peneira piloto, obtendo-se percentual de 52% retido em 1mm, consequentemente a alimentação do circuito de espirais foi realizada com 48% do *sinter feed* original.

O *oversize* da peneira (+1mm) foi transportado para uma caçamba e passou a constituir o *sinter feed* grosso.

O *undersize* da peneira (-1mm) alimentou a espiral *rougher* por gravidade, obtendo 3 fluxos, concentrado, médio e rejeito. O teste contemplava como premissa a minimização do teor de sílica no concentrado final, portanto foi selecionada a opção de enviar para estágio *cleaner* apenas o concentrado da espiral *rougher*. O rejeito e o médio *rougher* foram descartados. Este concentrado alimentou uma caixa de bomba que o enviou para a espiral *cleaner*. Houve a necessidade de controlar % de sólidos na caixa para evitar entupimento da bomba por meio de adição de água. Este circuito também foi dotado de um sistema de recirculação da polpa, destinado a regular a alimentação da espiral *cleaner*. Da etapa *cleaner* foi obtido um concentrado final e um rejeito.

2.6. Resultados

2.6.1. Granulado: Após o processamento da pilha especial, os produtos foram amostrados e analisados. Os resultados granulométricos do granulado são apresentados na tabela I.

Tabela I – Resultados granulométricos do granulado produzido a partir da pilha com 15% SiO₂

GRANULADO								
Malha (mm)	% Retida Simples	% Retida Acumulada	Composição Química (%)					PPC (%)
			Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Mn	P	
50,80	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-
44,40	1,44	1,44	68,71	0,38	0,46	0,06	0,060	0,79
38,10	14,66	16,10	67,26	0,75	1,42	0,08	0,054	1,47
31,70	17,04	33,13	66,70	2,03	0,65	0,07	0,081	1,68
25,00	15,02	48,15	65,51	2,65	1,37	0,27	0,063	1,88
19,00	14,77	62,92	66,25	2,37	1,16	0,13	0,058	1,50
12,50	19,10	82,01	65,03	4,03	1,22	0,22	0,054	1,38
9,50	9,18	91,19	64,31	5,54	1,05	0,10	0,049	1,23
6,30	3,56	94,76	63,40	7,32	0,71	0,13	0,040	1,11
-6,35	5,24	100,00	59,09	12,43	1,36	0,25	0,048	1,32
	Global <small>(analisada)</small>		65,51	3,40	1,13	0,15	0,059	1,50
	Global <small>(calculada)</small>		65,52	3,24	1,43	0,13	0,058	1,38

2.6.2. Sinter Feed: O *sinter feed* foi classificado em duas frações, +1mm e -1mm. A fração grossa representando de 52% da massa tem sua qualidade química apresentada na tabela II. A fração fina, com 48% da massa, alimentou o circuito de espirais, cujo concentrado *cleaner* foi blendado com a fração grossa, obtendo portanto, o *sinter feed* concentrado. Os fluxos descritos acima são apresentados na tabela III.

Tabela II – Fração +1mm do *sinter feed*

Fluxo	Massa (%)	Resultado Químico (%)				
		Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Mn	P
+1mm	52	64,60	5,07	0,70	0,23	0,038

Tabela III – Resultados do teste de concentração

Fluxo	Massa (%)	Resultados Químicos (%)				
		Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Mn	P
Alimentação Espirais (-1mm)	48	60,50	11,02	0,97	0,19	0,050
Concentrado Cleaner	21	67,58	2,26	0,46	0,12	0,026
Rejeito	27	54,99	17,84	1,39	0,24	0,069
Sinter Feed Concentrado	73	65,70	4,09	0,63	0,20	0,035

O *sinter feed* concentrado mostrado na tabela III constitui a composição do concentrado do circuito de espirais com a fração grossa do *sinter feed*.

Os índices de desempenho médios obtidos nos testes de concentração gravítica são apresentados na tabela IV.

Tabela IV – Índices médios de desempenho nos testes de concentração do *sinter feed*

Etapa	Rendimento Mássico (%)	Recuperação Metalúrgica (%)	Índice Seletividade Gaudin
Rougher	54	57	1,9
Cleaner	81	82	2,5
Processo	44	49	-
Global	73	79	-

Objetivou-se, para o teste, máxima redução do teor de sílica no concentrado final, motivo pelo qual os rendimentos não foram mais elevados. Para o circuito proposto para o projeto industrial, será adicionada uma etapa *scavenger*, aumentando com isso, os rendimentos em massa e metalúrgicos. Além disso, o teste foi executado em circuito aberto, sendo descartado o fluxo médio da etapa *rougher* e o rejeito *cleaner*. O fechamento do circuito, por si só, trará melhorias para o processo, principalmente com relação ao rendimento em massa e recuperação metalúrgica.

Pode-se observar, pelos resultados apresentados nas tabelas II, III e IV, que é perfeitamente possível obter um *sinter feed* dentro das especificações químicas e granulométricas, mesmo alimentando a planta com um ROM mais pobre (15% SiO₂), bastando, para isso um processo de concentração.

2.6.3. Resultados Metalúrgicos: O granulado e o *sinter feed* provenientes da pilha especial com 15% de SiO₂ foram enviados para a planta piloto do Centro de Pesquisas da CSN em Volta Redonda - RJ e submetidos aos ensaios metalúrgicos apresentados na tabelas V e VI, respectivamente.

Tabela V – Resultados dos ensaios metalúrgicos realizados com o granulado proveniente da pilha com 15% SiO₂

Amostra		Ensaio				
		Queda (Shatter Test) (% +10mm)	Tamboramento		Redutibilidade (% redução)	RDI (% -3,15mm)
Granulado			Ti (% +6,3mm)	Ai (% -0,5mm)		
Normal (ROM 9% SiO ₂)		94,8	81,2	12,0	50,10	16,83
ROM 15% SiO ₂		87,0	75,3	14,3	49,71	24,88
Itabirito Compacto		80,0	66,0	21,1	53,75	34,14
Referências	Granulado Alto-forno	>90	>75	<12	>50	<25
	Sinter	>85	>70	<18	>60	<32

Tabela VI - Resultados dos ensaios metalúrgicos realizados com o *sinter feed* proveniente da pilha com 15% SiO₂

	Redutibilidade (% redução)	RDI (% -3,35mm)	Rendimento (%)	Tempo Sinterização (min)	Volume Escória (%)
Sinter Feed Natural	60,2	37,8	62,4	12,3	14,48
Sinter Feed Concentrado	65,3	33,3	62,6	9,9	12,68

3. CONCLUSÃO

Os testes de concentração gravítica da fração -1mm do *sinter feed* geraram resultados que comprovam a viabilidade de se lavar um *Run of Mine*, constituindo pilhas com teores de 15% de SiO₂. Os teores do concentrado e demais índices de desempenho são favoráveis ao processo.

Com relação ao processo siderúrgico, os testes piloto indicam para o granulado, um ligeiro decréscimo nos índices de desempenho para o material proveniente da pilha com 15% de sílica, porém sem comprometer a qualidade do produto.

Para a fração *sinter feed*, os testes em sinterização piloto indicam que, para uma basicidade ligeiramente superior, os rendimentos e demais índices metalúrgicos do *sinter feed* concentrado, são iguais, ou sensivelmente superiores aos resultados dos testes realizados com o *sinter feed* tradicional de Casa de Pedra.

Sinter Feed Natural