

# Estudo de viabilidade técnica da reciclagem de rejeitos siderúrgicos da Usina Presidente Vargas

Eduardo Alberto da Costa Pereira, MSc \*  
Pedro Savério de Almeida \*\*

1. INTRODUÇÃO
2. PÓS E LAMAS EM SIDERURGIA
3. ALTERNATIVAS PARA A RECICLAGEM DE PÓS E LAMAS
4. PRECEDENTES NO BRASIL
5. CARACTERIZAÇÃO DE PÓS E LAMAS DA UPV
6. EXPERIÊNCIAS EM ESCALA PILOTO
7. CONCLUSÕES
8. BIBLIOGRAFIA

\* Pesquisador do Centro de Pesquisas da  
Companhia Siderúrgica Nacional - CSN

\*\* Técnico do Laboratório de Metalurgia  
Extrativa do Centro de Pesquisas da  
Companhia Siderúrgica Nacional - CSN



## Resumo

A geração de rejeitos em siderurgia é um fato que tem levado a constantes inovações visando à proteção do meio ambiente e à recuperação do valor agregado a esses materiais.

No caso da Usina Presidente Vargas - UPV, da Companhia Siderúrgica Nacional - CSN, houve o desenvolvimento de um processo que permite a reciclagem simultânea de pós e lamas, incorporados ao processo de

## 1. Introdução

O mundo vem assistindo a uma grande elevação do custo de energia, como também tem-se preocupado constantemente com as alterações produzidas no meio ambiente pelas grandes indústrias.

Como consequência, a reciclagem de rejeitos vem sendo considerada, por vários setores industriais, como prática a contribuir para a minimização de ambos os problemas.

As siderúrgicas integradas de grande porte naturalmente enquadram-se nesta situação. O grande aporte de insumos, o elevado consumo de energia, a geração de uma variedade de rejeitos, levaram tais indústrias à procura de soluções para tais problemas, que significassem economia no consumo de matéria-primas e energia.

No caso da Companhia Siderúrgica Nacional-CNS foi desenvolvido um processo, tido como inédito, de granulação desses rejeitos, misturados a finos de sinter. Tal método mostrou resultados bastante encorajadores nos ensaios realizados em escala piloto.

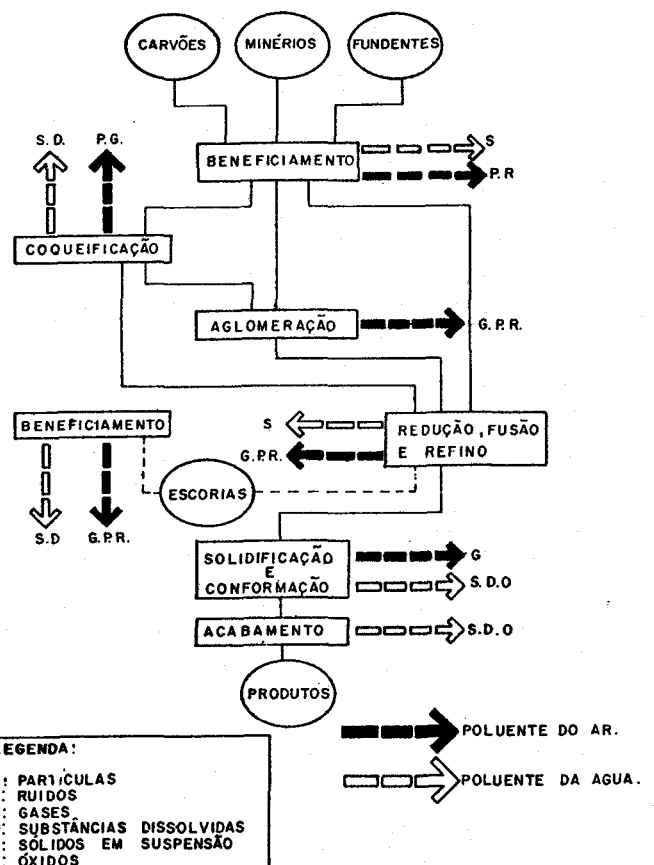
## 2. Pós e lamas em siderurgia

Recentemente, PENGELLY<sup>(1)</sup> mostrou-nos que as usinas siderúrgicas integradas agredem o meio ambiente ao longo de todo o processo produtivo (figura 1).

sinterização, denominado REGRAN, apresentando resultados atrativos sob os pontos de vista técnico e econômico.

Os pós e lamas provenientes de diversos pontos da Usina significarão, nos próximos anos, uma geração diária de aproximadamente 500 toneladas. Seus teores de carbono e ferro os tornam materiais interessantes de serem recuperados. Não havendo problemas quanto à composição química desses materiais, as restrições relativas à granulometria e umidade foram adequadamente solucionadas pelo processo desenvolvido.

FIG. 1: Fontes de Poluição na Siderurgia a coque  
Fonte: Ref. 1



A geração de uma grande variedade de rejeitos siderúrgicos levou ao seu estudo, visando a minimizar a sua geração, a possibilitar seu reaproveitamento e a reduzir seu impacto ambiental.

REAGUIN<sup>(2)</sup>, enquadrou os rejeitos siderúrgicos em quatro grupos:

- 1º) as escórias geradas na produção de gusa e aço, que são freqüentemente vendidas a clientes externos (construção de estradas, produção de cimento, fertilizantes na agricultura);
- 2º) os pós, lamas e polpas, que são normalmente reciclados através das sinterizações;
- 3º) rejeitos oleosos, que são freqüentemente queimados, mas que necessitam de estudos de reciclagem do óleo contido;
- 4º) os outros rejeitos, como os materiais refratários, entulhos e outros materiais de difícil recuperação.

Cada siderúrgica apresenta sua particularidades quanto ao problema de geração de rejeitos. Ainda de acordo com Raguin, elas são devidas principalmente a:

- . processos empregados (siderúrgicas integradas, aciarias a sucata, laminadores);
- . matérias-primas empregadas (minérios diversos, tipos de sucatas, emprego de pré-reduzidos, etc);
- . aços produzidos (aços comuns, aços ligados, semi-elaborados, laminados a frio, forjados, revestidos, etc);
- . importância dada à proteção ambiental.

## 2.1. Os pós e lamas portadores de óxido de ferro

### 2.1.1 - Sinterização

Tais pós surgem tanto em fumaças de exaustor das máquinas como de pontos situados ao longo da linha de processamento (resfriadores, calhas de transparência).

Segundo WEST<sup>(3)</sup>, elementos mais voláteis encontram-se concentrados no pó proveniente das fumaças de exaustor (de 10 a 40 Kg por tonelada de sinter bruto), embora somente a concentração de enxofre tenha chamado a atenção dos especialistas. Tais pós variam bastante em sua composição, particularmente com relação aos principais componentes (ferro, cálcio, silício e carbono).

### 2.1.2 - Coletores de Altos-fornos

O pó de coletor é, em grande parte, produto do arraste mecânico dos finos de carga do alto-forno. É constituído principalmente por partículas de minério, fundentes e coque, removidas antes da ocorrência de qualquer reação química.

Segundo WEST<sup>(3)</sup>, a geração de pó de coletor costuma variar de 10 a 20 Kg por tonelada de gusa, podendo chegar a maiores valores, quando as condições operacionais nos altos-fornos são adversas.

### 2.1.3 - Lama dos altos-fornos

As lamas produzidas com o emprego de venturis na lavagem do gás de alto-forno constituem-se em partículas mais finas, em geral provenientes de regiões inferiores da cuba. Nelas, os teores de ferro total ou parcialmente reduzido são mais elevados, assim como zinco e chumbo (volatilizados na cuba e recristalizados no venturi). Já os teores de cálcio, magnésio e silício tendem a ser menores. Segundo WEST<sup>(3)</sup>, a quantidade de lama gerada também costuma variar na faixa de 10 a 20 Kg por tonelada de gusa.

### 2.1.4 - Conversor LD

Os pós provenientes dos conversores LD são os mais ricos em ferro (encontrados tanto na forma de óxidos, como na metálica). Os óxidos de cálcio, silício, magnésio e alumínio normalmente encontram-se a níveis inferiores aos dos materiais citados nos itens precedentes.

Os principais elementos indesejáveis, quando da sua reciclagem, são o zinco e o chumbo, introduzidos no forno principalmente através das sucatas, sendo volatilizados quando do carregamento do gusa líquido e durante o início do sopro, segundo WEST<sup>(3)</sup> e PAZDEJ e STEINER<sup>(4)</sup>. A geração de finos no processo LD é bastante variável, dependendo de diversos fatores, devendo variar, segundo WEST<sup>(3)</sup>, de 7 a 15 Kg por tonelada de aço líquido.

### 2.1.5 - Fornos Elétricos

Uma grande variedade de elementos nocivos é encontrada em pós de fornos elétricos, devido à natureza tanto das cargas como dos seus produtos. Segundo WEST<sup>(3)</sup>, teores de zinco acima de 20% já foram encontrados nestes materiais. Os teores de outros metais (chumbo, cobre, níquel e cromo) também costumam apresentar-se mais elevados, sendo os teores de ferro inferiores aos pós das aciarias LD, encontrando-se mais oxidado. Ainda de acordo com WEST<sup>(3)</sup>, a geração de pós em fornos elétricos encontra-se na faixa de 10 a 20 Kg por tonelada de produto.

Na tabela I são comparados os resultados de análises químicas dos materiais citados, obtidas por WEST<sup>(3)</sup>, RELF<sup>(6)</sup> e CAVAGHAN e TRAICE<sup>(7)</sup>.

## 3. Alternativas para a reciclagem de pós e lamas

De acordo com RAMEH e colaboradores<sup>(8)</sup>, o tratamento ou disposição final de resíduos pode ocorrer de uma das seguintes maneiras:

- a) aterramento - disposição de resíduos no solo, de modo a assegurar máxima proteção da saúde pública e do meio ambiente;

Tabela I - Composições químicas dos materiais em estudo

	Fe <sub>t</sub>	FeO	C	CaO	SiO <sub>2</sub>	Zn	S
1. Pó de exaustor principal de máquinas de sinterizar	41,0	ND	5,9	13,2	9,1	0,05	0,51
	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2. Pó de coletor de alto-forno	39,2	15,1	20,6	5,4	7,3	0,08	0,35
	39,5	21,0	30,4	3,2	5,2	0,22	0,32
	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3. Lama de filtro a vácuo de alto forno	33,3	11,1	20,7	9,7	6,4	0,24	0,52
	41,7	15,5	18,1	4,5	5,2	0,25	0,30
	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4. Lama de sistema de limpeza de gás de aciaria	60,4	71,9	1,9	6,3	2,0	3,4	0,34
	63,0	49,4	ND	5,7	3,5	2,5	0,14
	75,0	80,0	0,2	2,0	1,0	ND	0,50

Fontes: 1a. linha: WEST<sup>(3)</sup>; 2a. linha: REFL<sup>(6)</sup>; 3a. linha: CAVAGHAN e TRAICE<sup>(7)</sup>

Nota: ND = Não divulgado

- b) compostagem - processo biológico pelo qual a matéria orgânica existente nos resíduos é convertida em um produto homogêneo e mais estável pela ação de microorganismos;
- c) incineração - processo de combustão controlada, visando a transformação de resíduos sólidos e líquidos combustíveis em gases e água, reduzindo, em muito, volume e peso iniciais;
- d) pirólise - tratamento térmico que, por meio de temperatura elevada e ausência de oxigênio, transforma as características físicas e a composição química de um resíduo;
- e) reciclagem - reaproveitamento de materiais ou energia de resíduos sólidos.

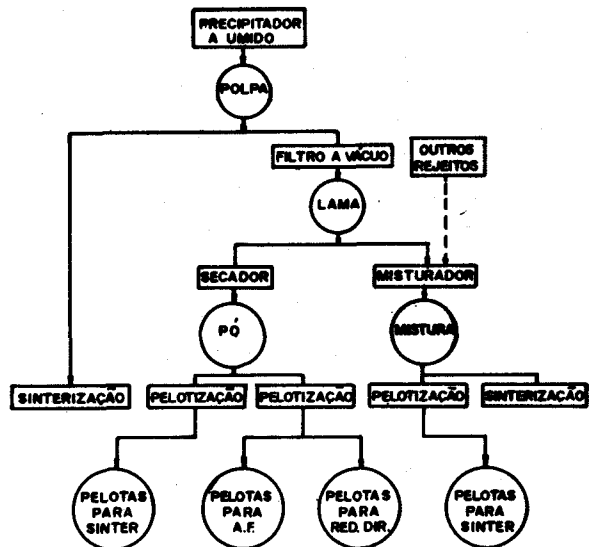
Dentro deste quadro, portanto, a alternativa escolhida par o presente estudo é a da reciclagem. Os gráficos 2 e 3, de autoria de CAVAGHAN e TRAICE<sup>(7)</sup>, mostram as rotas alternativas empregadas ou em desenvolvimento na siderurgia.

Segundo KUYUCAK<sup>(9)</sup>, o maior problema relativo à reciclagem de pós e lamas em siderurgia consiste na sua produção em diversos pontos, em quantidades relativamente pequenas e na sua falta de homogeneidade física e química. Tais fatores ditariam a economicidade de um processo de reciclagem.

De acordo com CAVAGHAN e TRAICE<sup>(7)</sup>, os principais fatores a serem observados quando do planejamento da reciclagem de pós e lamas em siderurgia são os seguintes:

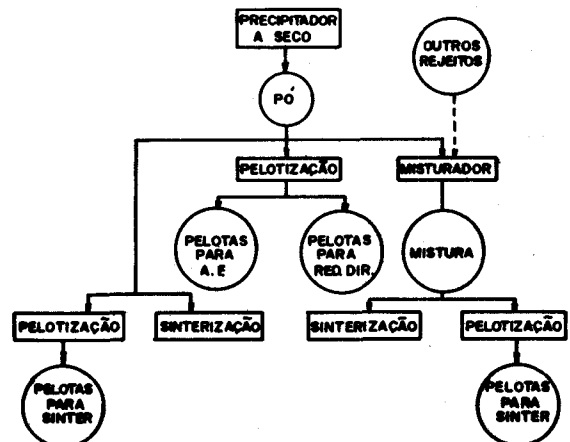
- . se existe sinterização em disponibilidade;
- . quais as características físicas dos rejeitados,
- . quais as composições químicas dos rejeitos;
- . quais os custos de manuseio e de processamento.

FIG. 2: Rotas alternativas para a recuperação de polpas em siderurgia.



Fonte: Ref. 6

FIG. 3: Rotas alternativas para a recuperação pós em siderurgia.



Fonte: Ref. 6

## 4. Precedentes no Brasil

Em 1972, COELHO e colaboradores<sup>(10)</sup> concluíram que, dada a quantidade de pós então gerada na Usina Intendente Câmara, em Ipatinga - MG, o seu consumo direto, sem mini-pelotização, na produção de sinter, não seria prejudicial à sua produtividade ou à qualidade do produto.

Posteriormente, foi criado o Projeto Pelota Verde, na mesma usina, e em 1978 um novo estudo sobre a avaliação qualitativa de pós e lamas de diversas áreas estava concluído. No mesmo ano, testes de produção de pelotas a partir de rejeitos foram realizados. Em 1981, PEREIRA e colaboradores<sup>(11)</sup> citando MCDUGALL, estabeleceram alguns critérios para a viabilização econômica de um processo de aproveitamento:

- . conjuntura econômica do país e política de controle ambiental adotada;
- . níveis de produção da Usina;
- . características dos resíduos gerados;
- . "layout" da usina e características dos equipamentos existentes;
- . níveis de elementos indesejáveis nos resíduos e tolerância máxima;
- . custo dos insumos envolvidos.

Prosseguindo, os autores tratam da situação brasileira com relação ao aproveitamento de resíduos siderúrgicos: "No caso específico das siderúrgicas brasileiras, com a previsão de expansão das instalações existentes, a geração e o manuseio de resíduos se tornarão problemas sérios devido à degradação das condições ambientais dentro e fora das usinas". Estes fatores, mais cedo ou mais tarde, exigirão a adoção de técnicas para o aproveitamento racional destes resíduos. Com base na atual situação brasileira, todos os caminhos levam à definição de um processo que:

- . seja simples e capaz de absorver a maioria dos resíduos gerados;
- . tenha baixo custo de instalação e operação;
- . incorpore as unidades de tratamento e de manuseio já existentes.

Concluindo, os autores afirmam:

"Estes fatores mostram claramente que a solução é a utilização de processo que envolva aglomeração a frio, sendo que as características específicas dos mesmos dependerão exclusivamente das condições próprias de cada usina".

Em recente aula, o engenheiro BENONI TORRES<sup>(12)</sup> referindo-se às experiências realizadas por T.A. PACHECO, em máquina piloto de sinterização, conclui: "A adição de pós e lamas (...) provocou um aumento acentuado na produtividade, indicando francamente um aumento na "capacidade aglomerante" da mistura, com reflexos também no consumo de combustível.

Já a adição dessa mesma mistura de pós e lamas previamente pelotizada, embora tenha conduzido a uma redução adicional no consumo de combustível (...) provocou uma queda acentuada da produtividade. A má resistência das pelotas, incapazes de resistir ao misturamento, e à inibição do processo de micropelotização durante o misturamento impediram (...) a atuação do "poder aglomerante" dos resíduos adicionados".

## 5. Caracterização dos pós e lamas da UPV

### 5.1. Quantidades produzidas

Os resultados obtidos constam da tabela II, onde valores mensais das quantidades geradas de materiais, em base seca, são listados, juntamente com as umidades e densidades a granel correspondentes. Os dados nos permitem concluir que a quantidade a ser manuseada, considerando-se somente os sete materiais em estudo, chegaria a aproximadamente a 9.000 t mensais, aproximadamente 6.000 m<sup>3</sup>. Cerca de cinco mil metros cúbicos seriam manuseados em caminhões, pois somente materiais gerados na aciaria são removidos por ferrovia (lama fina do sistema OG e pó do sistema secundário).

Tabela II - Geração mensal prevista e características físicas dos materiais em estudo. Usina Presidente Vargas - Estágio III

Nomes	Quantidade (t/mês)	Umidade (%)	Densidade (t/m <sup>3</sup> )
(1) Pós das sinterizações	1.400	0 ~ 5	2,0
(2) Pó de alto-forno	2.000	1 ~ 10	0,8
(3) Lama de alto-forno	1.350	12 ~ 24	0,9
(4) Lama grossa do sistema OG	280	11 ~ 16	3,0
(5) Lama fina do sistema OG	2.500	30 ~ 35	3,5
(6) Pó do sistema sec. LD	310	0 ~ 5	1,5
(7) Pó do forno elétrico	50	0 ~ 5	1,0

Obs.: Os dados de geração mensal prevista referem-se a uma produção de 4,6 milhões de toneladas anuais de aço líquido.

Para a estimativa de geração mensal de pó e lama nos altos-fornos da UPV foram consideradas as gerações específicas de 6 Kg/t e 4 Kg/t, respectivamente, uma produção diária de 12.000 t de gusa e mês de 28 dias. Os valores adotados para as gerações específicas são reconhecidos como excepcionalmente baixos por WEST<sup>(3)</sup>.

Os dados relativos aos pós e às lamas da aciaria LD e do forno elétrico não

apresentam discrepância considerável com os valores da literatura. Foi considerada a geração diária de 100 t de lama no sistema OG, para uma produção diária de 13.000 t de aço líquido.

No caso dos pós de sinterizações, considerou-se o aproveitamento dos pós precipitados nos coletores dos exaustores principais das quatro máquinas de sinterizar, desprezando-se outras unidades de coleta de pó em operação naquela área.

Neste estudo não estão consideradas as estações de tratamento de efluentes dos laminadores a quente da CSN, que deverão produzir aproximadamente 2.500 t mensais de lama portadora de óxidos de ferro; nem a Estação de Tratamento de Esgotos Químicos, que deverá produzir cerca de 750 t mensais de lama portadora de óxidos de ferro, pois tais instalações ainda não se encontram em operação. Entretanto, o método desenvolvido neste estudo prevê a incorporação desses materiais.

Fundamentando-se em tais considerações, pode-se prever uma geração anual de pós e lamas portadores de óxidos de ferro, na Usina Presidente Vargas, de aproximadamente 150 mil toneladas, quando da produção de 4,6 milhões de toneladas anuais de aço líquido.

## 5.2. Composições químicas

As composições químicas típicas dos materiais em estudo encontram-se na tabela III, podendo ser comparadas na tabela I. A mistura desses materiais resultaria em um produto com uma composição química próxima à apresentada na última linha da tabela III.

Tabela III - Composições químicas dos materiais em estudo na Usina Presidente Vargas

	Fe <sub>c</sub>	FeO	SiO <sub>2</sub>	CaO	S	C
(1)	50 ~ 54	2 ~ 4	7 ~ 8,5	5 ~ 7	0,2	4 ~ 5
(2)	24 ~ 27	3 ~ 5	6 ~ 7	2 ~ 3,5	0,3 ~ 0,5	40 ~ 45
(3)	25 ~ 28	4 ~ 9	6 ~ 7	1,5 ~ 2,5	0,6	40 ~ 45
(4)	70 ~ 85	-	1 ~ 3	6 ~ 9,5	0,04 ~ 0,06	0,8 ~ 1,3
(5)	62 ~ 66	35 ~ 65	1,3 ~ 1,4	6 ~ 8	0,15 ~ 0,20	1 ~ 2
(6)	50	9	1,5	3	0,2	2
(7)	35 ~ 40	0 ~ 5	0,4 ~ 0,9	4 ~ 6	0,15 ~ 0,30	1,5 ~ 2,5
TOTAL	45	15	5	6	0,2	20

Obs.: As determinações de FeO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, Mn, P, Cr, TiO<sub>2</sub>, Cu, Zn, Pb, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O e PPC, encontram-se na referência 13.

Uma comparação mais detida entre as tabelas de composição químicas divulgadas por WEST (3), RELF (6), CAVAGHAN e TRAICE (7) e a relativa aos materiais da UPV revelam, através de algumas diferenças, a peculiaridade do problema de reciclagem desses materiais. Como exemplos, podem ser tomados os teores de zinco da lama de aciaria (0,2% Zn na UPV, contra 2,5% Zn no levantamento efetuado por RELF), ou no pó do forno elétrico (0,3% na UPV, contra 13,5% Zn no estudo de WEST e 4,8% Zn no estudo de CAVAGHAN e TRAICE). Outra diferença relevante, já levantada por PAZDEJ e STEINER (4), pode ser notada nos diferentes teores de ferro e de carbono. No caso dos teores de ferro em pós de alto-forno, encontrou-se 25% Fe na UPV, contra aproximadamente 40% nos estudos de RELF (6) e WEST (3). Os teores de carbono nos pós de

alto-forno foram os seguintes: 44% C na UPV, 30% C para RELF e 21% C para WEST.

## 5.3. Distribuições granulométricas dos pós e lamas da UPV

As distribuições granulométricas obtidas constam da tabela IV, que reproduz valores típicos, obtidos a partir da análise de três amostragens efetuadas no período de meio a julho de 1981.

Tabela IV - Distribuições granulométricas típicas dos materiais em estudo na Usina Presidente Vargas

	(18 $\mu$ )	(35 $\mu$ )	(60 $\mu$ )	(120 $\mu$ )	(230 $\mu$ )	(325 $\mu$ )	(-325 $\mu$ ) (ASTM < 0.044 mm)
	1	0,5	0,25	0,125	0,063	0,044	
(1)	-	0,5	3	28,5	26	15	27
(2)	-	1	7	50	40	1	1
(3)	-	5	5	26	32	26	6
(4)	-	3	16	50,5	16	14	0,5
(5)	-	-	-	-	-	-	-
(6)	-	0,5	2,5	8	70	18	1
(7)	-	1	1	31	42	24,5	0,1

## 6. Experiências em escala piloto

Definidas as quantidades geradas de cada material a ser reciclado, assim como a composição química aproximada da mistura dos mesmos, as experiências em escala piloto partiram da hipótese da adição desse produto na mistura a sinterizar da Sinterização nº 4.

Inicialmente, foram definidas duas alternativas para a adição dos rejeitos:

- . misturas e adição, com granulometria inferior a 1 mm;
- . mistura, pelotização e adição, com granulometria entre 1 e 4 mm.

Os procedimentos empregados são apresentados com detalhes em outro texto (13). Entretanto, serão expostos de maneira resumida a seguir.

Variou-se o teor de moinha de coque de uma mistura base, sem a adição de rejeitos, obtendo-se, por regressão, o teor de moinha de coque correspondente a 6% "FeO" no sinter produzido. O mesmo foi feito para misturas com adição de 4% de rejeitos, pelotizados e não-pelotizados.

As equações obtidas foram (figura 4):

- . sem adição de rejeitos:  
 $Y = 0,80 x^2 - 2,88 x + 5,64$  ( $r^2 = 0,99$ )
- . com adição de rejeitos pelotizados:  
 $Y = 0,62 x^2 - 0,37 x + 1,74$  ( $r^2 = 0,98$ )
- . com adição de rejeitos não pelotizados:  
 $Y = 0,81 x^2 - 0,92 x + 1,90$  ( $r^2 = 0,98$ )

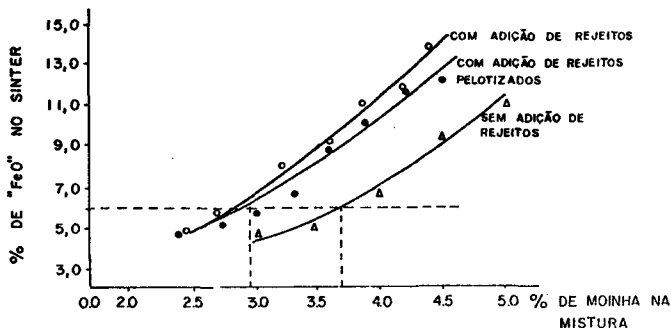
Para cada caso, o valor de 6% "FeO" no produto correspondeu a um valor de moinha de coque na mistura:

- . sem adição de rejeitos: 3,72% de moinha na mistura

- com adição de rejeitos pelotizados:  
2,94% de moinha na mistura
- com adição de rejeitos não pelotizados:  
2,89% de moinha na mistura

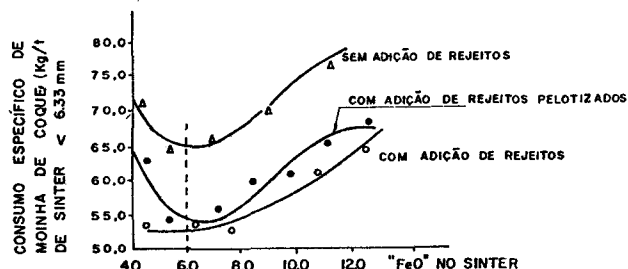
Levantou-se também as curvas de consumo específico de moinha de coque (Kg de moinha por tonelada de sinter-produto), em função do teor de "FeO" do sinter produzido (figura 5):

FIG. 4: Valores obtidos de consumo específico de moinha de coque (Kg/t de sinter produzido acima de 6,35 mm) em função dos valores corrigidos de "FeO" nos sinteres produzidos com taxa de retorno de 30%



Fonte: Ref. 10

FIG. 5: Valores obtidos de "FeO" nos sinteres produzidos com taxa de retorno de 30% em função dos teores de moinha de coque na mistura de sinterizar.



Fonte: Ref. 10.

- sem adição de rejeitos:  
 $Y = 0,13 x^3 + 3,46 x^2 - 28,45 x + 137,87$  ( $r^2=0,99$ )
- com adição de rejeitos pelotizados:  
 $Y = -0,14 x^3 + 3,90 x^2 - 33,46 x + 144,56$  ( $r^2=0,93$ )
- com adição de rejeitos não pelotizados:  
 $Y = 0,23 x^2 - 2,37 x + 59,47$  ( $r^2 = 0,98$ )

Para cada caso, verificou-se o valor de consumo específico de moinha de coque correspondente a 6% "FeO" no produto:

- sem adição de rejeitos: 63,7 Kg/g
- com adição de rejeitos pelotizados: 54,0 Kg/t
- com adição de rejeitos não pelotizados: 53,5 Kg/t

Concluiu-se pela sensível redução do consumo de moinha de coque quando do

emprego dos rejeitos. Porém, não ficou clara qualquer vantagem advinda da pelotização dos mesmos. Pelo contrário, a pelotização da mistura de pós e lamas com umidade de até 20%, somente pode ser feita na faixa de 10 a 14%. A solução finalmente veio com a idéia do emprego de misturador intensivo.

Finos de sinter e os rejeitos em estudo, na produção de dois para um, foram levados a um misturador intensivo. Esta promoveu homogeneização e granulação dos materiais, sendo a mistura obtida empregada em novos testes de sinterização, ao nível de 12% da mistura a sinterizar, comparada a um teste de referência.

Tal processo passou a denominar-se REGRAN.

Os principais resultados obtidos encontram-se listados abaixo:

	sem adição	com adição
• consumo específico de moinha (Kg/t)	65	52
• rendimento de produto (%)	60	65
• tempo de sinterização (min.)	20	19
• produtividade (t/m <sup>2</sup> /dia)	28	33
• resistência mecânica ("Shatter" JIS)	86,8	88,8
• teor de moinha na mistura (%)	3,7	3,0

Os dados são indicativos de ganhos substanciais, tanto em termos de produtividade como de qualidade do produto, tendo-se em vista que em ambos os casos os sinteres produzidos apresentavam teores de "FeO" próximos a 6%.

O controle da umidade da mistura de rejeitos, além da sua melhor dispersão na camada, garantindo-se a sua (preferencialmente "degradados" provenientes das casas de silos dos altos-fornos), são os méritos dessa técnica. As soluções alternativas de secagem da mistura de pós e lamas e siderurgia têm sido: adição de "Pellet Feed", adição de cal e secagem da lama em forno rotativo.

## 7. Conclusões

- a maior importância dada à proteção ambiental vem a reforçar a adoção de soluções para o problema da geração de pós e lamas em siderurgia, que impliquem no seu emprego no próprio processo de fabricação do aço;
- no caso estudado, estimou-se uma geração de pós e lamas de aproximadamente 21 Kg por tonelada de aço, totalizando cerca de 400 t diárias, quando da conclusão do estágio III, dados relativos à área de metalurgia da usina.
- a mistura dos materiais em estudo, nas proporções definidas pelas suas gerações, resultaria em um produto com aproximadamente 45% de ferro e 20% de carbono, com umidade na faixa de 12 a 19%.



- tal mistura somente poderia ser pelletizada com sua umidade na faixa de 10 a 14%.
  - tanto o carregamento direto dos rejeitos como a produção de mini-pelotas acenaram com problemas relativos à sua aplicação.
  - a alternativa encontrada, granulação dos rejeitos em mistura com finos de sinter, mostrou-se um método exequível, original e de resultados tecnicamente vantajosos.
  - quando do emprego de rejeitos nas experiências piloto, o consumo específico de moinha de coque sofreu substancial redução, indicando economicidade do método.
- (12) TORRES, B. Reaproveitamento de resíduos siderúrgicos. CURSO SOBRE CONTROLE DE POLUIÇÃO DO SOLO NA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA, Nova Friburgo, 1983.
- (13) PEREIRA, E.A.C. Emprego de rejeitos siderúrgicos pelletizados na sinterização de minério de ferro, UFMG, Belo Horizonte, 1982 (Dissertação de Mestrado).

## 8. Bibliografia

- (1) PENGELLY, A.E. Pollution and its practical control in the iron and steel industry. In: BRITISH TECHNOLOGY SEMINAR, São Paulo, 1979.
- (2) RAGUIN, J. Waste management in european steel industry. Meeting of IISI Committee of Environmental Affairs (ENCO), 16, Paris, 1980.
- (3) WEST, N.G. Recycling ferruginous wastes: practice and trends. Iron and Steel International, 1976.
- (4) PAZDEJ, R. & STEINER, J.M. Nouvelles possibilités de traitement de poussières sidérurgiques contenant du zinc et du plomb, 1st Process Technology Conference of AIME, 1980
- (5) ENGLEADOW, D. The recovery of iron and steel plant fine materials in BSC, SYMPOSIUM ON ENVIRONMENTAL CONTROL IN THE STEEL INDUSTRY, 2, Chicago, 1979.
- (6) RELF, G. Recycling of steel plant waste materials, Steel Times Annual Review, 1976.
- (7) CAVAGHAN, N.J. & TRAICE, F.B. Utilizations of in-plant fines. Journal of the Iron and Steel Institute 1970.
- (8) RAMEH, C.A.S. et alii. Sugestões para uma legislação de controle da poluição por resíduos sólidos. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 11, Fortaleza, 1981.
- (9) KUYUCAK, S. Recycling of iron oxide waste in ironmaking and steelmaking, Department of Metallurgy Dissertation, Sheffield, 1976.
- (10) COELHO, L.E. et alii. Relatório final de pesquisa sobre micro-pelletização de pós de alto-forno, aciaria e ciclones da sinterização, USIMINAS, 1972.
- (11) PEREIRA, J.C.F. et alii. Aproveitamento de resíduos gerados em usinas siderúrgicas. In: CONGRESSO ANUAL DA ABM, 36, Recife, 1981.