

# PRODUÇÃO PILOTO DE PELOTAS A PARTIR DA LAMA FINA DE ACIARIA LD E OXIDO DE FERRO SINTÉTICO, GERADO NA DECAPAGEM ÁCIDA DA CSN<sup>1</sup>

Walter Luiz da Costa Reis<sup>2</sup>  
André Tarcizo de Oliveira Vieira<sup>3</sup>  
João Henrique Echternacht<sup>4</sup>  
José Ricardo de Oliveira<sup>5</sup>  
Elson Longo<sup>6</sup>

## Resumo

A crescente demanda de carga metálica e a necessidade de aproveitamento dos resíduos gerados na CSN estimula o desenvolvimento de novas tecnologias de aproveitamento de resíduos. Neste trabalho são descritos os procedimentos para a produção de pelotas a partir da lama fina de aciaria LD e oxido de ferro sintético, gerado na decapagem ácida da CSN Paraná (material denominado URA). Com o propósito de avaliar os resultados da produção de pelotas, foram caracterizadas física e quimicamente as matérias primas utilizadas. A composição da mistura foi definida por um modelo de otimização do empacotamento dos materiais. Os testes de produção em escala experimental foram realizados na planta piloto de pelotização de resíduos, desenvolvida pela CSN. São apresentadas as caracterizações físico-químicas das pelotas produzidas. Os resultados sinalizam positivamente para a utilização destes resíduos no processo siderúrgico.

**Palavras-chave:** Lama fina de aciaria; Óxido de ferro; Pelotização; Resíduos.

## PRODUCTION OF PELLETS FROM THE FINE BOF SLUDGE AND SYNTHETIC IRON OXIDE, GENERATED IN THE ACID PICKLING OF THE CSN

### Abstract

The increasing metallic charge demand and the necessity of utilization of the residues generated in the CSN stimulate the development of new technologies of utilization of residues. In this work it describe the procedures for the production of pellets from the fine BOF sludge and synthetic iron oxide, generated in the acid pickling of the CSN Paraná (called URA). With the intention to evaluate the results of the production of pellets, the raw materials had been characterized physically and chemistry. It a model of optimization of the wrapping of the materials had been utilized. The tests of production in experimental scale had been carried through in the plant pilot of pelletizing of residues, developed at CSN. The physical-chemistry characterizations of the produced pellets are presented. The results signal positively for the use of these residues in the siderurgical process.

**Key words:** Residuals steelmaking; Iron oxide; Fine BOF sludge; Pelletizing

<sup>1</sup> Trabalho apresentado no XXXVII Seminário de Aciaria ABM – Internacional – 21 a 24 de maio de 2006, Porto Alegre, RS

<sup>2</sup> MSc – Gerente Geral de Processos Siderúrgicos da CSN.

<sup>3</sup> Coordenador de Projetos Especiais da CSN

<sup>4</sup> MSc – Engenheiro de Desenvolvimento Sênior da CSN

<sup>5</sup> MSc – Engenheiro Especialista da CSN

<sup>6</sup> Professor Dr. – CMDMC/UNESP – Araraquara

## **1 INTRODUÇÃO**

As siderúrgicas integradas geram diversos tipos de resíduos sólidos em grande quantidade. Entre estes resíduos temos os recicláveis contendo ferro, os finos de coque e as escórias. Entre os recicláveis contendo ferro estão: as poeiras e lamas de alto-forno e aciaria; as carepas de lingotamento contínuo, de escarfagem e de laminação; o óxido de ferro sintético, gerado na decapagem ácida; dentre outros.

A recuperação do conteúdo metálico, contido nestes resíduos sólidos, passou a ser muito importante, tanto do ponto de vista das restrições legais impostas pelas legislações relativas a proteção do meio ambiente, quanto do ponto de vista econômico.

Como consequência, os resíduos hoje são considerados co-produtos e o processo de reciclagem passou a ser encarado como um “negócio”.

A reciclagem da maior parte dos resíduos sólidos portadores de ferro via sinterização é uma prática recorrente no meio siderúrgico, entretanto, ocorre redução na permeabilidade da camada, com a consequente perda da produtividade do processo, o aumento de emissão de particulados pela chaminé, além de outros problemas que desabonam o uso desta prática.

A partir da análise crítica das tecnologias de reciclagem de resíduos já existentes e de experimentos laboratoriais, desenvolveu-se na Usina Presidente Vargas – UPV, da Companhia Siderúrgica Nacional - CSN, um processo específico para este fim.

Neste trabalho são descritos os procedimentos para a produção de pelotas a partir da lama fina de aciaria LD e óxido de ferro sintético, gerado na decapagem ácida da CSN Paraná (material denominado URA).

A metodologia do trabalho consistiu em: caracterização físico-química das matérias primas; modelo para otimização do empacotamento das partículas; testes experimentais com as diferentes receitas; mistura; pelletização; endurecimento (secagem e queima); e análise dos resultados.

As pelotas obtidas foram caracterizadas em laboratório. Os resultados sinalizam positivamente para a reciclagem destes resíduos no processo siderúrgico.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Caracterização dos Materiais**

As matérias primas utilizadas na produção de pelotas foram:

- Lama fina de aciaria LD
- Óxido de ferro sintético (URA)
- Finos de coque
- Cal recuperado em despoeiramento
- Pellet feed

As características físico-químicas dos materiais estão descritas a seguir:

**Tabela 1.** Características físico-químicas

<b>LAMA FINA DE ACIARIA LD</b>	<b>Característica</b>	<b>Unidade</b>	<b>Variação</b>
	Umidade	%	10 a 20
	Densidade Aparente	g/cm <sup>3</sup>	3,0
	Temperatura	°C	Ambiente
	Granulometria	Mesh	60% < # 325
<b>ÓXIDO DE FERRO SINTÉTICO (URA)</b>	<b>Característica</b>	<b>Unidade</b>	<b>Variação</b>
	Umidade	%	1 a 5
	Densidade Aparente	g/cm <sup>3</sup>	1,8
	Temperatura	°C	Ambiente
	Granulometria	Mesh	100% < # 325
<b>FINOS DE COQUE</b>	<b>Característica</b>	<b>Unidade</b>	<b>Variação</b>
	Umidade	%	1 a 5
	Densidade Aparente	g/cm <sup>3</sup>	0,8
	Temperatura	°C	Ambiente
	Granulometria	mesh	80 % < # 150
<b>CAL RECUPERADO EM DESPOEIRAMENTO</b>	<b>Característica</b>	<b>Unidade</b>	<b>Variação</b>
	Umidade	%	1 a 5
	Densidade Aparente	g/cm <sup>3</sup>	1,5
	Temperatura	°C	Ambiente
	Granulometria	mesh	80% < # 150
<b>PELLET FEED</b>	<b>Característica</b>	<b>Unidade</b>	<b>Variação</b>
	Umidade	%	6 a 12
	Densidade Aparente	g/cm <sup>3</sup>	2,1
	Temperatura	°C	Ambiente
	Granulometria	Mesh	40% < # 325

As principais características químicas dos materiais estão descritas a seguir:

- Lama fina de aciaria LD

Fe <sub>Total</sub>	SiO <sub>2</sub>	Zn	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	C
54,4 %	4,8 %	2,68 %	0,08%	1,72 %	9,02 %	1,6 %

- Óxido de ferro sintético (URA)

Fe <sub>Total</sub>	SiO <sub>2</sub>	Zn	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	C
74,5 %	0,18%	0,013%	0,158%	0,16%	-	-

- Finos de coque

Fe <sub>Total</sub>	SiO <sub>2</sub>	Zn	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	C
-	5,2 %	-	2,3 %	1,1 %	1,3 %	86 %

- Cal recuperado em despoejamento

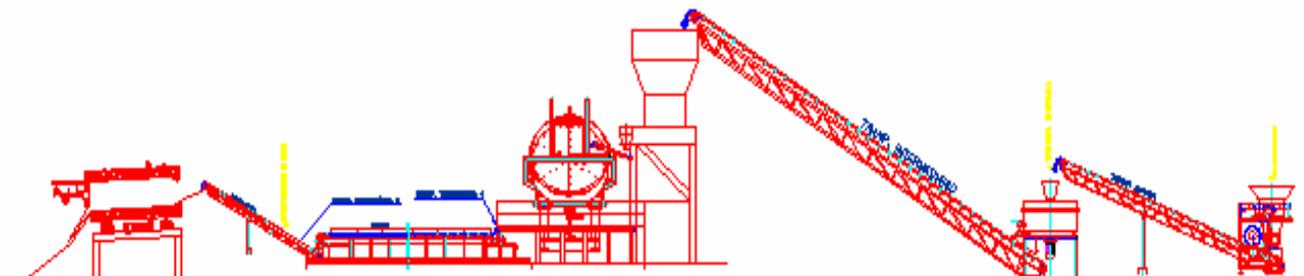
Fe <sub>Total</sub>	SiO <sub>2</sub>	Zn	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	C
-	1,43 %	-	-	2,76 %	91,6 %	-

- Pellet Feed

Fe <sub>Total</sub>	SiO <sub>2</sub>	Zn	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	C
67,7 %	5,25 %	-	0,53%	-	-	-

## 2.2 Descrição dos Equipamentos Utilizados na Produção Piloto de Pelotas

Para a produção das pelotas construiu-se uma pelotização piloto de resíduos, conforme apresentado na Figura 1.



**Figura 1.** Planta Piloto para Pelotização de Resíduos

Em consonância com o trabalho, estabeleceu-se um desafio para a engenharia: utilizar no mínimo 50% de peças e equipamentos existentes em unidades desativadas na UPV.

Para a produção das pelotas foram utilizados os seguintes equipamentos:

a) Silo balança para capacidade de até 600 kg (figuras 2 e 3) e balança eletrônica, marca LUCASTECH, para até 50 kg.

O silo balança foi aproveitado da extinta fundição da CSN.

O carregamento do material é através de uma pequena pá carregadeira (BOBCAT).



**Figura 2.** Vista Frontal do Silo balança



**Figura 3.** Vista lateral do silo balança.

b) Misturador simples de pás (Figura 4).



O carregamento do material é realizado pela parte superior e o descarregamento pela parte inferior. A mistura é realizada por três pás: uma pá raspa a parte periférica do misturador empurrando o material para o centro; uma pá empurra o material do centro para parte periférica e uma pá remove o material do fundo empurrando para extremidade e centro do misturador.

**Figura 4.** Foto do misturador de pás.

c) Silo dosador (Figura 5)

Este equipamento foi aproveitado da extinta fundição da CSN.

O equipamento é capaz de variar a dosagem do material através do conversor de frequência instalado em seu motor.



**Figura 5.** Foto do silo dosador

d) Prato Pelotizador de 3m de diâmetro (Figura 6)

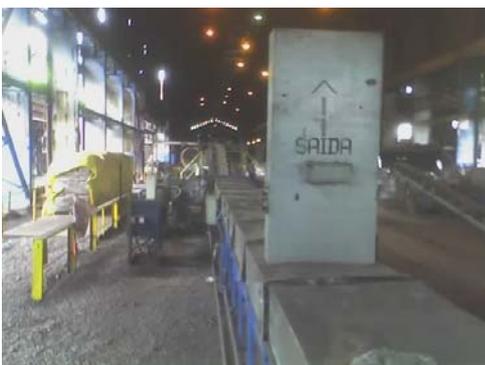


Prato pelotizador projetado e fabricado pela CSN. Ângulo de inclinação variando de  $45^{\circ}$  a  $55^{\circ}$ . Rotação do prato variando de 8 rpm a 18 rpm.

**Figura 6.** Foto do prato pelotizador de 3m de diâmetro

e) Forno secador horizontal (Figuras 7 e 8)

Forno secador de fluxo contra corrente de fabricação própria da CSN. O forno foi construído com componentes da extinta fundição da CSN.



**Figura 7.** Vista longitudinal do forno secador



**Figura 8.** Foto do painel de controle e queimador do forno secador

f) Forno rotativo para queima (Figuras 9, 10 e 11)



**Figura 9.** Foto do painel de controle do forno rotativo.



**Figura 10.** Vista geral do forno rotativo.

Forno de queima rotativo de fluxo contra corrente fabricado a partir do misturador primário da Sinterização#1, desativada em 1987.



**Figura 11.** Foto da câmara de combustão do forno rotativo

### 3 PRODUÇÃO DAS PELOTAS

#### 3.1 Preparação da Mistura

Após utilização de um modelo comercial de otimização de empacotamento foi selecionado as misturas descritas abaixo.

Para estabelecimento das formulações, adotou-se como base a maximização do uso de URA na produção de pelotas. A Tabela 2 mostra as formulações que foram testadas:

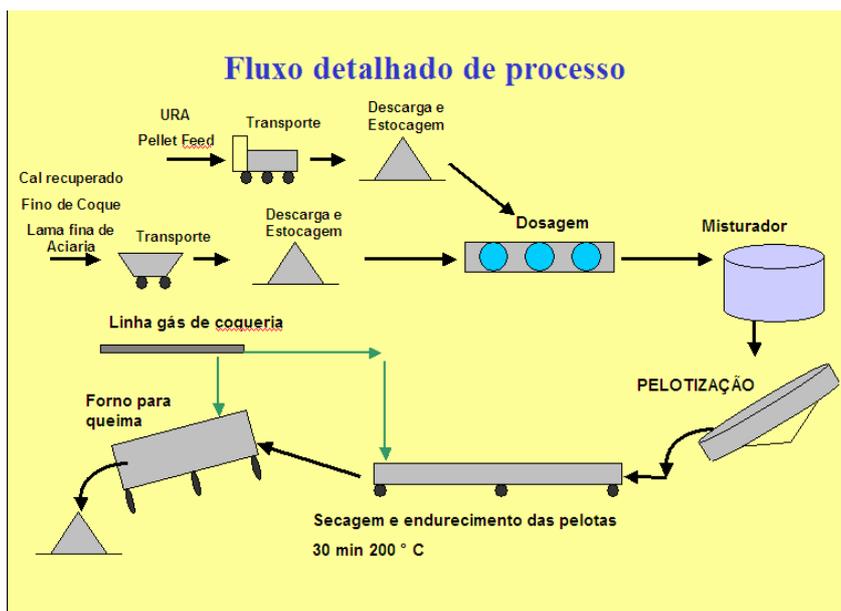
**Tabela 2.** Formulações testadas

Matéria prima	Mistura 1	Mistura 2	Mistura 3	Mistura 4	Mistura 5
URA Paraná	20 %	45 %	55 %	50 %	40%
Lama fina de aciaria	10 %	10 %	15 %	20 %	20%
Finos de coque	15 %	10 %	10%	10 %	15%
Cal recuperado	5%	5%	8%	8%	8%
Pellet Feed	50 %	30 %	12 %	12 %	17%

#### 3.2 Produção

As formulações descritas acima, foram processadas em laboratório e indicaram que as misturas 3, 4 e 5 apresentaram liberação de fumos acentuada durante queima, as quais foram descartadas de um teste em escala piloto.

As misturas selecionadas foram operacionalizadas nos equipamentos descritos anteriormente, conforme fluxo de produção abaixo (Figura 12).



Os parâmetros de produção estão descritos na Tabela 2.

**Tabela 2.** Parametros de produção.

<b>Parametros de Produção</b>								
Carga do Misturador	Tempo de Mistura	Angulo do Prato Pelotizador	Quantidade de alimentação de sólidos no disco (kg/h)	Velocidade de rotação do disco (rpm)	Temperatura do forno Secador	Tempo de residência no forno secador	Temperatura do forno rotativo para queima	Tempo de residência no forno rotativo
400 Kg	30 min	50°	800	14	200 °C	30 min	1160 °C	17 min

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização das Pelotas

As pelotas obtidas foram submetidas aos ensaios de caracterização descritos abaixo.

- Determinação de umidade das pelotas.  
Após a pelotização, cerca de 1,0 kg de pelotas foram amostradas aleatoriamente e secas em estufa a 105° C até peso constante.
- Distribuição granulométrica das pelotas.  
O ensaio consiste da amostragem de cerca de 1,5 kg de pelotas durante a produção e submeter a amostra obtida ao peneiramento, nas malhas de 5 e 12,5 mm, pesar as frações obtidas e calcular a percentagem retida em cada malha.
- Resistência à compressão da pelota queimada.  
Durante a produção foram realizados ensaios de resistência conforme norma ISO 4700.

**Tabela 3.** Características das Pelotas

Características das PELOTAS								
Produto	Resistência Mecânica	Umidade %	Granulometria (5 a 12,5 mm)	Ferro Total	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Zn	Álcalis
Pelota Verde	6 a 8 kgf	8,60	95 %	56,06	2,66	0,46	0,35	0,027
Pelota Queimada	60 a 130 kgf	0	85 %	65,1	3,01	0,49	0,17	0,012

## 4.2 Resultados

A mistura 1 apresentou uma grande formação de cascão (Figura 13). Esta formação de cascão foi atribuída ao acréscimo de temperatura advindo do excesso de combustível na pelota, ocasionando a fusão superficial das pelotas e sua aglomeração na parede do forno.



**Figura 13.** Formação de cascão no interior do forno

A mistura 2 apresentou os melhores resultados após queima conforme foi descrito na caracterização.

O processo possibilitou a redução significativa do Zinco contido na Lama fina de Aciaria.

O processo mostrou-se promissor na utilização de resíduos gerados nos processos siderúrgicos na fabricação de pelotas indicando a possibilidade de montagem de uma planta industrial.

Os teores crescentes de carbono contido na pelota nos testes industriais indicam a possibilidade de uma metalização da carga.

Os testes indicam que um maior tempo de residência no forno rotativo propiciariam o aumento do grau de metalização da pelota (Figura 14).

A variação da resistência mecânica da pelota queimada pode ser atribuída ao curto tempo de residência no interior do forno rotativo.

Como o forno rotativo foi construído a partir de equipamentos já existentes, impossibilita o aumento de seu comprimento para que possa permitir um maior tempo de residência em seu interior.

O projeto desenvolvido para a produção de pelotas a partir de lama de aciaria LD e URA se mostrou factível.

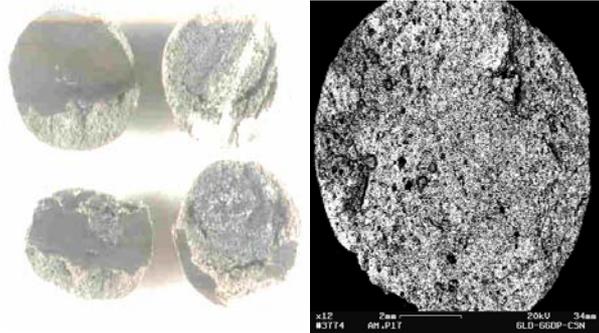
O reaproveitamento de componentes e peças, além de um desafio vencido pela engenharia, possibilitou uma redução expressiva nos custos da instalação da planta piloto.

Os resultados obtidos com o produto final habilitam o prosseguimento dos testes para sua utilização na aciaria, como complemento da carga de sucata dos conversores ou como carga ferrífera para os altos-fornos..



**Figura 14.** Pelotas atraídas por imã (Propriedades magnéticas).

**Figura 15.** Fotos onde se observa uma metalização na periferia e parcialmente no núcleo das pelotas (MEV).



**Figura 16.** A foto da esquerda indica pelotas verdes e a foto da direita indica pelotas queimadas.

## BIBLIOGRAFIA

- 1 Oliveira, E. R., Martins, J. – Emprego de Resíduos Siderúrgicos e Pellet Feed Micropelotizados na Sinterização de Minério de Ferro – R. Esc. Minas, Ouro Preto, 56(4): 249-254, out-dez 2003.
- 2 Nascimento, Ramiro C., et al. – The Self-Reduction Technology For Recycling of Solid Wastes In An Integrated Steelmaking Plant : A Sustainable Alternative. – Materials Transactions - vol. 42, no. 12, 2506-2510, 2002.
- 3 Zuo, Guangqing – Softening and Melting Characteristics of Self-fluxed Pellets with and without the Addition of BOF-slag to the Pellets Bed – ISIJ International, vol. 40 (2000), No. 12, pp. 1195-1202.
- 4 Takano, Cyro, et al.- Reciclagem de Resíduos Siderúrgicos Sólidos – Seminário Nacional sobre Reuso/Reciclagem de Resíduos Sólidos Industriais, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2000
- 5 Landow, M.P., et al – An Overview of Steel Mill Waste Oxide Recycling by Cold Bonded Roll Briquetting, Ironmaking Conference, ISS, 1998.
- 6 Roberto G. F. R. Gonzalez; Flávio R. S. De Azevedo; Antônio Vilela; Heinrich W. Gudenau – Influência da granulometria no perfil radial da mistura de pelotas e carvão utilizado na redução direta em forno rotativo – XXXVIII Congresso Anual da ABM – São Paulo - 1983
- 7 Norma ISO 4700 – Iron ore pellets – Determination of crushing strength.