

# PRODUÇÃO DE CARGA METÁLICA PARA ACIARIA LD A PARTIR DA CONFORMAÇÃO DE MISTURA CONTENDO CAREPA DE LAMINAÇÃO E AGREGADO SIDERÚRGICO LD<sup>1</sup>

Sidiney Nascimento Silva<sup>2</sup>  
André Tarcizo de Oliveira Vieira<sup>3</sup>  
Fábio André da Silva Nascimento<sup>4</sup>  
João Henrique Echternacht<sup>5</sup>  
José Ricardo de Oliveira<sup>6</sup>  
Carlos Tadeu<sup>7</sup>  
Maxwell Pereira Cangani<sup>8</sup>  
Fernando Vernilli<sup>9</sup>

## Resumo:

A Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) gera aproximadamente 600 mil ton / ano de diversos resíduos e 125 mil ton / ano de carepa de laminação. Grande parte da escória de aciaria é utilizada como agregado siderúrgico para uso em leitos de ferrovias e pavimentação de rodovias. Porém a escória de aciaria ainda apresenta elevados teores metálicos em sua composição e a carepa de laminação é um produto oriundo da oxidação da superfície do aço, sendo composta basicamente de óxidos de ferro (FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), que quando bem selecionada pode ser usada na sinterização. Este trabalho tem como objetivo demonstrar a valoração desses resíduos em outras aplicações. O estudo mostra que é possível a utilização de parte da escória, que é denominada escória C, e carepa de laminação como carga metálica para aciaria LD.

**Palavras-chave:** Escória de aciaria LD; Conteúdo metálico; Resíduos; Conversor.

## PRODUCTION OF LOAD METALLIC TO BOF THROUGH OF CONFORMATION BLEND THAT CONTAIN BOF SLAG AND MILL SCALE OF LAMINATION

### Abstracts

The Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) its generates about 600 thousand ton/year and 125 thousand ton / year of mill scale. Great part of BOF slag is used as metallurgical aggregate for use in railway beds and pavement of highway. However the BOF slag still presents high metallic contents at this composition and the mill scale is a product from the oxidation of steel, be compound oxide of iron (FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), that when select correctly may used in sintering . This work has as objective to demonstrate to give value of the residue in another application. The study reveal that it is possible the use of part of the BOF slag, denominated "Escória C", and mill scale of lamination as load metallic to BOF.

**Key words:** BOF slag; Mill scale of lamination; Load metallic; Residues; BOF.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao XXXIX Seminário de Aciaria – Internacional, 12 a 16 de maio de 2008, Curitiba, PR, Brasil*

<sup>2</sup> *Dr – Gerente Processos Metalúrgicos da CSN.*

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

<sup>4</sup> *Técnico especialista da CSN.*

<sup>5</sup> *MSc – Engenheiro de Desenvolvimento Sênior da CSN.*

<sup>6</sup> *MSc – Engenheiro Especialista da CSN.*

<sup>7</sup> *Engenheiro Especialista da CSN*

<sup>8</sup> *Mestrando – DEMAR – EEL- USP.*

<sup>9</sup> *Prof. Dr – DEMAR – EEL – USP.*

## 1 INTRODUÇÃO

A partir da década de 1990, a indústria siderúrgica vem se dedicando cada vez mais às boas práticas corporativas de Gestão de Resíduos.

Existe uma grande preocupação com a sustentabilidade no setor.

As siderúrgicas são responsáveis pela geração de uma grande variedade e quantidade de resíduos, passíveis de reciclagem, onde novos desenvolvimentos reduzirão os volumes dispostos em aterro.

Com a demanda crescente gerada pelo recente ciclo de crescimento econômico mundial, a reciclagem torna-se uma importante ferramenta para a redução dos impactos ambientais e uso racional de energia.

Desenvolvimentos de tecnologias de reciclagem exigem o estudo de viabilidade econômica do processo, pois os custos envolvidos de recuperação não devem exceder os custos de beneficiamento do produto primário.

O aço até atingir sua forma e propriedades finais, passa por vários processos, desde a redução do minério, até processos mais refinados como a usinagem.

Muitas destas etapas geram resíduos, que podem ser reincorporados ao processo siderúrgico ou mesmo serem transformados em co-produtos da produção do aço.

As escórias de aciaria, são resíduos gerados no refino de ferro-gusa, tendo como composição básica  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , carbono, dentre outros, tendo uma grande geração anual.

Antes das possibilidades de aproveitamento conhecidas, a escória deve ser submetida a um processo de beneficiamento, que busque recuperar ao máximo o metal contido, visando aumentar o rendimento metálico durante o processo de produção de aço.

As carepas são óxidos de ferro na forma de  $\text{FeO}$  (wustita) e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (hematita), provenientes da oxidação da superfície do aço, geradas normalmente durante o processo de laminação, quando o aço na forma de tiras é submetido a diferentes ciclos de aquecimento, resfriamento, tratamento de superfície e/ou ação do tempo (oxidação lenta sobre a superfície).

Quando bem selecionadas, as carepas podem ser usadas na sinterização e/ou produção de pelotas.

Este trabalho visa mostrar a viabilidade técnica do processo de produção de um bloquete de carga metálica para aciaria LD, o qual se reveste em grande potencial para reciclagem de sucata "C" de aciaria e carepa de laminação.

### 1.1 Geração de Escória

O volume de escória gerada na produção siderúrgica varia em função das matérias primas e da tecnologia empregada.

Usualmente, a quantidade de escória produzida é estimada pela quantidade de aço e gusa produzidos e por taxas médias históricas de geração.

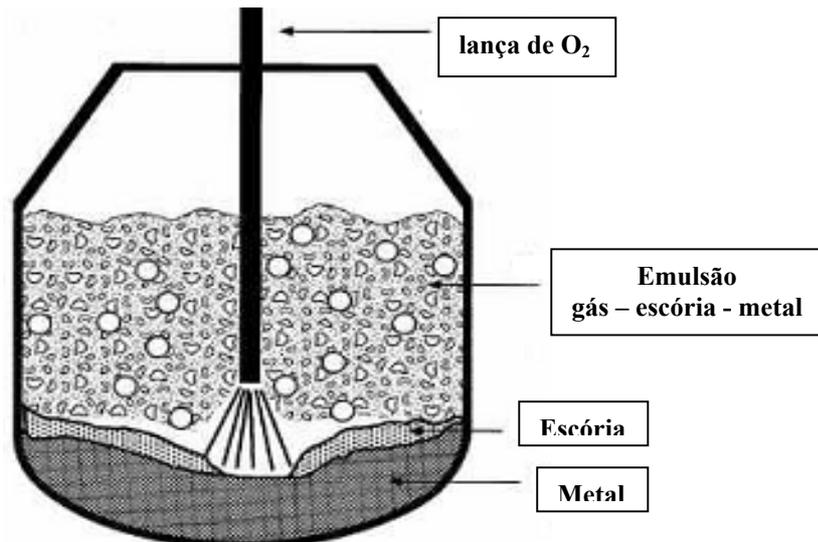


Figura 1 – Geração de escória em conversor LD.

## 1.2 Geração da Carepa de Laminação

No final do processo de refino, uma máquina de lingotamento contínuo transforma o aço líquido em placas de grande espessura, que são enviadas para Laminação de Tiras à Quente, a LTQ. Dentro da LTQ, as placas serão conformadas para reduzir sua espessura, para isso elas são aquecidas em um forno de encharque em uma temperatura de 1200°C. Devido ao contato com o oxigênio, é formada uma camada de óxido na superfície da placa. Essa camada de óxido é conhecida como carepa de laminação, como pode ser observado na Figura 2.

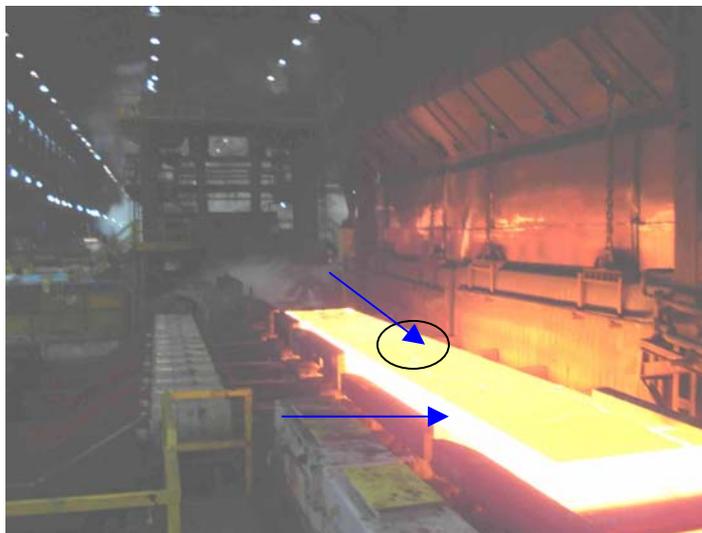


Figura 2 – Placa de aço à caminho dos laminadores.

A camada de óxido é nociva ao produto, pois apresenta propriedades físico-químicas completamente diferente das do aço, podendo gerar defeitos na produção de laminados. Para evitar esse fenômeno, antes de ser laminada, a placa sofre um tratamento, jateamento de d'água (figura 3), para remoção da camada de óxido.



**Figura 3** – Jatos d'água de alta pressão para remoção da camada de óxido.

Após a remoção da carepa a placa segue no processo de laminação. A carepa removida com o jato d'água é direcionado para uma estação de tratamento.



**Figura 4:** Tanque de Armazenamento da Carepa junto com o resíduo líquido de lavagem.

A remoção da carepa da estação de tratamento é executada com o auxílio de uma “Clamshell”, e transportada para os vagões, situados ao lado da LTQ.



**Figura 5** – “Clamshell” que transporta a carepa do poço até os vagões.



**Figura 6** – Vagões de transporte de carepa de laminação.

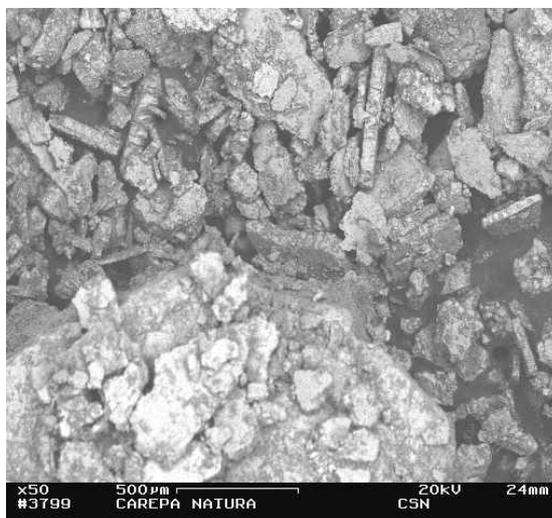
A geração anual de carepa de laminação na CSN é de aproximadamente 125 mil toneladas.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

A carepa de laminação sofreu caracterização, microestrutural e físico-química.

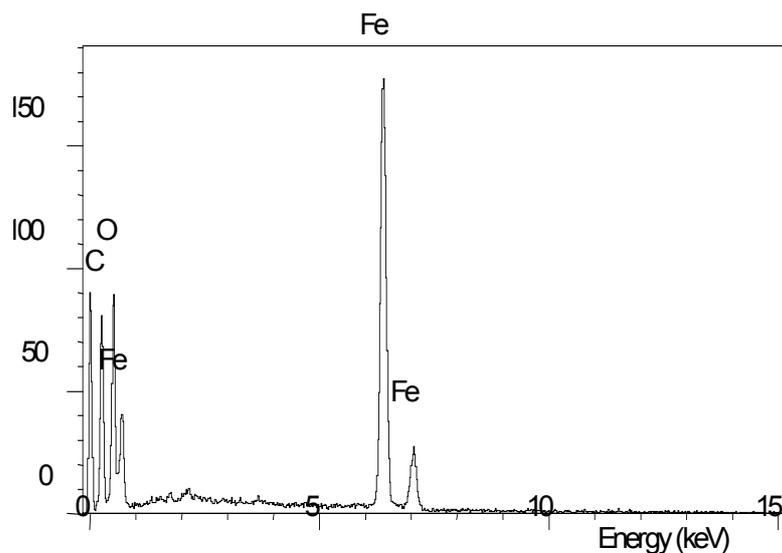
### **2.1 Caracterização Microestrutural e Físico-Química**

De acordo com exames microscópicos (Microscopia Eletrônica de Varredura – MEV, Imagem de Elétrons Secundários – SE), a carepa de laminação possui morfologia lamelar.



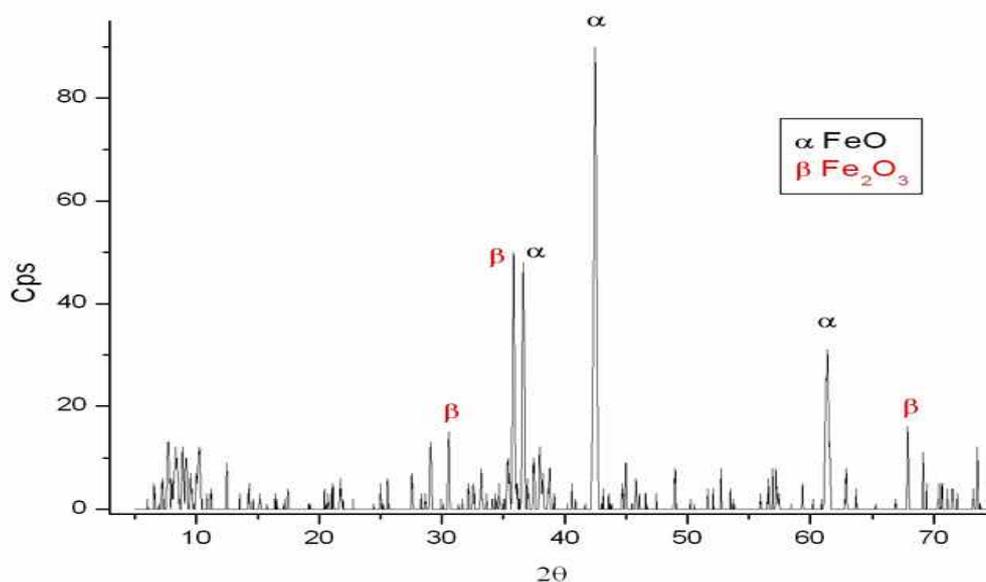
**Figura 7:** Micrografia da carepa de laminação - MEV, imagem de elétrons secundários.

Análises com auxílio de microsonda eletrônica - MEV/EDS, revelaram a presença dos seguintes elementos: Fe (ferro), C (carbono) e O (oxigênio).



**Figura 8** – Microanálise (EDS) da carepa de laminação.

A partir da Difratometria de Raios - X, pode-se observar que a carepa é constituída de duas fases (óxidos de Fe): FeO (wustita) e Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (hematita). O difratograma é apresentado na Figura 9.



**Figura 9** - Difrátograma da carepa de laminação.

**Tabela 1**– Análise química quantitativa de óxidos na carepa.

Composição (%)									
FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sup>o</sup>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	ZnO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
51,81	20,47	0,663	0,121	0,016	0,143	0,409	0,021	0,129	0,005

**Tabela 2** – Análise química quantitativa de óleos, graxas e cloretos na carepa.

<b>Cloreto</b>	<b>Óleos e Graxas</b>
0,018 %	0,49 %

Com o auxílio da Picnometria de Hélio, obteve-se a massa específica real média da carepa com  $4,3202 \text{ g/cm}^3$ . Através dos resultados obtidos acima, a carepa de laminação possui morfologia lamelar, sendo constituída essencialmente de óxidos de ferro FeO (wustita) e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (hematita). Possui baixa concentração de óleos e graxas, da ordem de 0,49% e 0,018% de cloretos.

## 2.2 Metodologia

Foram desenvolvidos diversos bloquetes a partir da mistura de escória C e carepa de laminação, procurando-se associar as granulometrias de cada resíduo, com o preenchimento dos vazios estruturais, de forma a obter-se elevada resistência mecânica durante o manuseio.

Foi utilizado como aglomerante o cimento Portland III, na proporção de 5%.

Os bloquetes obtidos além da resistência mecânica foram também avaliados quanto a suscetibilidade magnética.

## 3 PROCESSO

Fazendo-se uso de uma betoneira, foram preparadas diferentes misturas de sucata C, carepa de laminação e cimento Portland.

**Tabela 3** – Misturas elaboradas para o teste.

Material	Mistura 1		Mistura 2		Mistura 3		Mistura 4	
	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%
Escória "C"	7,80	48,45	7,67	46,50	12,38	75,00	12,38	75,00
Cimento	0,80	4,97	0,83	5,00	0,83	5,00	0,83	5,00
Cal	0,00	0,00	0,33	2,00	0,00	0,00	0,33	2,00
Carepa	7,50	46,58	7,67	46,50	3,30	20,00	2,97	18,00
Total	16,10	100,00	16,50	100,00	16,50	100,00	16,50	100,00

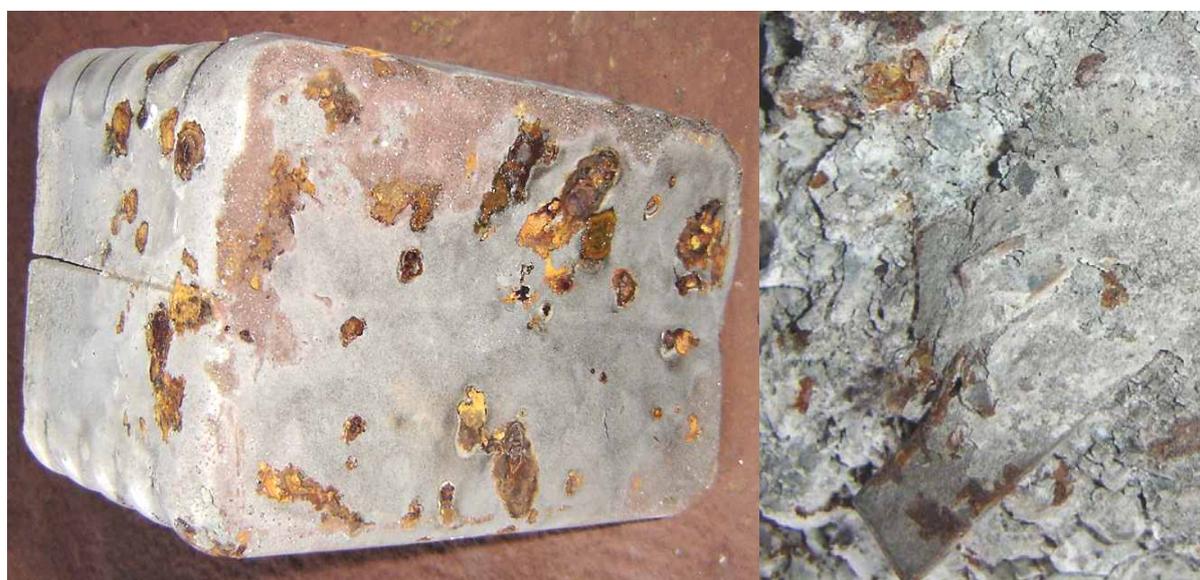
Estas misturas foram acondicionadas em formas plásticas vazadas e mantidas em uma câmara úmida, por um período de sete dias, para permitir o processo de cura do cimento.

Após 30 dias, os corpos de prova foram desenformados, apresentando um aspecto contínuo e uniforme.



**Figura 10** – bloquetes desenformados.

Observa-se que as partes metálicas expostas apresentam-se oxidadas, conforme Figura 11.



**Figura 11** – pontos de oxidação nos bloquetes desenformados.

#### **4 CONCLUSÃO**

O bloquete desenvolvido mostrou a viabilidade da utilização de escória “C” de aciaria juntamente com carepa de laminação, o qual pode substituir parte da sucata adquirida de terceiros, para abastecimento dos convertedores LD da CSN.

O processo mostrou-se promissor na utilização de resíduos siderúrgicos gerados na Aciaria e laminação, indicando a possibilidade de desenvolvimento industrial.

## BIBLIOGRAFIA

- 1 V. P. Della, J. A. Junkes, I. Kuhn, H. G. Hiella, D. Hotza - **Utilização do subproduto da recuperação metálica de escórias de aços inoxidáveis na síntese de pigmentos cerâmicos; caracterização da matéria-prima** - Cerâmica 51 (2005) 111-116
- 2 Lima, Aderaldo Gomes de Souza; Rocha, Eugênio Santos Minêu; Ribeiro, Laelson Dourado Ribeiro; Brandão, Iara – **Monografia, Escola Politécnica 1999 – Recuperação de manganês, ferro eletrolítico, magnésia e escória silicata provenientes de escórias siderúrgicas**
- 3 Vieira, André Tarcizo de O.; Nascimento, Fábio André da S; Echternacht, João Henrique, Oliveira, José Ricardo; Bentes, Miguel Angelo da Gama; Fusco, Paulo Roberto; Costa Reis, Walter Luiz –**Reciclagem Industrial de Resíduos Siderúrgicos através do processamento de pelotas auto-redutoras** – XXXVIII Seminário de Redução da ABM. Salvador, Setembro de 2007.
- 4 Vieira, André Tarcizo de O.; Longo, Elson; Echternacht, João Henrique, Oliveira, José Ricardo, Costa Reis, Walter Luiz – **Produção piloto de pelotas a partir da lama fina de aciaria LD e óxido de ferro sintético, gerado na decapagem ácida da CSN** – XXXVII Seminário de Aciaria ABM. Porto Alegre, Maio de 2006.
- 5 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.
- 6 Noldin Jr, José Henrique; D’Abreu, José Carlos; Martins, Karla de Meo Martins; Rodrigues Filho – **Cinética de Redução de Briquetes Auto-Redutores** – Seminário de Auto-Redução e Aglomeração a Frio do 58º Congresso Anual da ABM. Julho de 2003.
- 7 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.
- 8 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
- 9 Landow, M.P., et al – **An Overview of Steel Mill Waste Oxide Recycling by Cold Bonded Roll Briquetting**, Ironmaking Conference, ISS, 1998.