

# DESSULFURAÇÃO NA ACIARIA DA ARCELORMITTAL PIRACICABA<sup>1</sup>

José Marcio Garcia de Campos<sup>2</sup>  
Marco Túlio Soares Ferreira Coelho<sup>3</sup>  
Carlos Eduardo D'Elboux Rochelle<sup>4</sup>  
Eduardo Aquino do Amaral<sup>5</sup>  
Nelson Moreira Barros<sup>6</sup>  
Delmar Barros Ribeiro<sup>7</sup>  
Ricardo Rodrigues Andrioni<sup>8</sup>  
Rafael Zambello Fernandes<sup>8</sup>  
Vicente de Paulo Nogueira<sup>10</sup>  
José Paulo da Silva<sup>10</sup>

## Resumo

O presente trabalho apresenta o desenvolvimento da dessulfuração com escória sintética e carbeto de cálcio para o refino secundário de aços Médio Teor de Carbono (MTC) no Forno Panela da ArcelorMittal Piracicaba. Após a expansão da empresa em 2004 o processo de dessulfuração com o método tradicional, com adições de cal calcítica e fluorita ficou ineficiente pois com o novo *lay out* o tempo de processo do Forno Panela foi reduzido. Foram executados testes com uso individual e simultâneo da escória sintética e carbureto de cálcio. O uso simultâneo dos materiais dessulfurantes apresentou melhores resultados na taxa de dessulfuração.

**Palavras-chave:** Dessulfuração; Escória sintética; Carbeto de cálcio.

## DESULFURIZATION IN THE STEELMAKING AT ARCELORMITTAL PIRACICABA

### Abstract

The present paper aims to report the development of desulfurization with synthetic slag and calcium carbide for secondary refining of Medium Carbon Steels in the Ladle Furnace at ArcelorMittal Piracicaba Plant. After the revamping in 2004, the desulfurization process with traditional method with addition of lime and fluorspar became inefficient; therefore with the new *lay out* the process time in Ladle Furnace was reduced. Were done some tests with synthetic slag and calcium carbide using it separate an together. The simultaneous use of desulfurization materials brought better results on desulfurization ratio

**Key words:** Desulfurization; Synthetic slag; Calcium carbide.

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

<sup>2</sup> Técnico em Metalurgia. Analista de Processos e Qualidade. ArcelorMittal Piracicaba

<sup>3</sup> Eng<sup>o</sup>. Metalurgista. Engenheiro de Processos. ArcelorMittal Piracicaba

<sup>4</sup> Eng<sup>o</sup>. Metalurgista. Gerente de Área Técnica de Processos da Aciaria. ArcelorMittal Piracicaba

<sup>5</sup> Eng<sup>o</sup>. Metalurgista. Gerente de Área de Produção de Aços. ArcelorMittal Piracicaba

<sup>6</sup> Eng<sup>o</sup>. Elétrico. Gerente de Aciaria. ArcelorMittal Piracicaba

<sup>7</sup> Eng<sup>o</sup>. Metalurgista. Gerente Geral. ArcelorMittal Piracicaba

<sup>8</sup> Eng<sup>o</sup>. Metalurgista. Engenheiro de Produção. ArcelorMittal Piracicaba

<sup>9</sup> Técnico em Eletrotécnica. Supervisor de Produção. ArcelorMittal Piracicaba

<sup>10</sup> Técnico Químico. Supervisor de Produção. ArcelorMittal Piracicaba

## 1 INTRODUÇÃO

No período de 1992 a 2004 a ArcelorMittal Piracicaba operava a aciaria com um Forno Elétrico a arco de 60 t/corrída e um Forno Panela. Desde o *start up* do Forno Panela, ocorreram várias evoluções de processo que possibilitaram a produção de aços carbono com teores reduzidos de enxofre.

O processo de dessulfuração no Forno Panela era realizado com adições de cal calcítica granulada e fluorita, além de coque e ligas de silício na desoxidação da escória. O resultado da dessulfuração era muito positivo devido ao tempo de processo elevado, possibilitando a ocorrência das reações na interface metal / escória.

Em junho de 2004 entrou em operação uma nova aciaria, caracterizada por um *lay out* compacto. A nova Aciaria opera somente com um carro panela que é usado para o vazamento do Forno Elétrico e elaboração da corrída no Forno Panela. A dificuldade era a liberação da corrída em processo no Forno Panela com tempo reduzido, para possibilitar o vazamento da corrída posterior no Forno Elétrico.

O objetivo do trabalho foi desenvolver uma prática de dessulfuração com eficiência suficiente para atender as necessidades de otimização da nova Aciaria, através do uso de dessulfurantes disponíveis no mercado e atingir resultados na taxa de dessulfuração acima de 40%.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Escória Sintética

A escória sintética foi desenvolvida para a aciaria de Piracicaba a partir de levantamentos de volume e composição química da escória das panelas, no início do processo do Forno Panela. Foi considerado que em toda corrída havia passagem de escória do forno para a panela, em volume que variava de acordo com o pé líquido de aço no forno e o desgaste do canal de vazamento.

Após alguns testes preliminares foi possível definir uma escória sintética com os componentes:

**Tabela 1** – Características da escória sintética

CaO (%)	Al metálico (%)	SiO <sub>2</sub> máx (%)	Outros Óxidos (%)	Granulometria (mm)	PPC (%)
30 a 50	10 a 15	8,0	40 a 50	0 a 12 mm	1,7

A adição de alumínio na escória proporciona a desoxidação do banho, favorecendo a dessulfuração do aço. Além disso, a alumina formada no processo fluidifica a escória e melhora suas propriedades. A dessulfuração na panela é um processo muito bem conhecido. A dessulfuração depende da capacidade de sulfeto da escória sintética, da atividade do oxigênio e da quantidade de escória sintética utilizada no tratamento. A reação básica no tratamento é a seguinte, considerando a participação do alumínio:



A Figura 1 apresenta a capacidade de sulfeto,  $C_s$ , para o sistema  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-SiO}_2$ , destacando a região com maiores valores de  $C_s$ , para qual foi projetada a escória sintética dessulfurante utilizada pela ArcelorMittal para refino secundário de aços. Com o aumento do teor de sílica, observa-se que a capacidade de sulfeto diminui, ou seja, o poder da escória sintética captar e reter enxofre é menor. Aumentando-se as quantidades de cal e alumina, até certos limites, tem-se uma melhoria do valor de  $C_s$  e, conseqüentemente, maior poder de absorção e retenção de enxofre pela escória. Portanto deve-se limitar a quantidade de sílica para melhoria do processo de dessulfuração, como um todo.

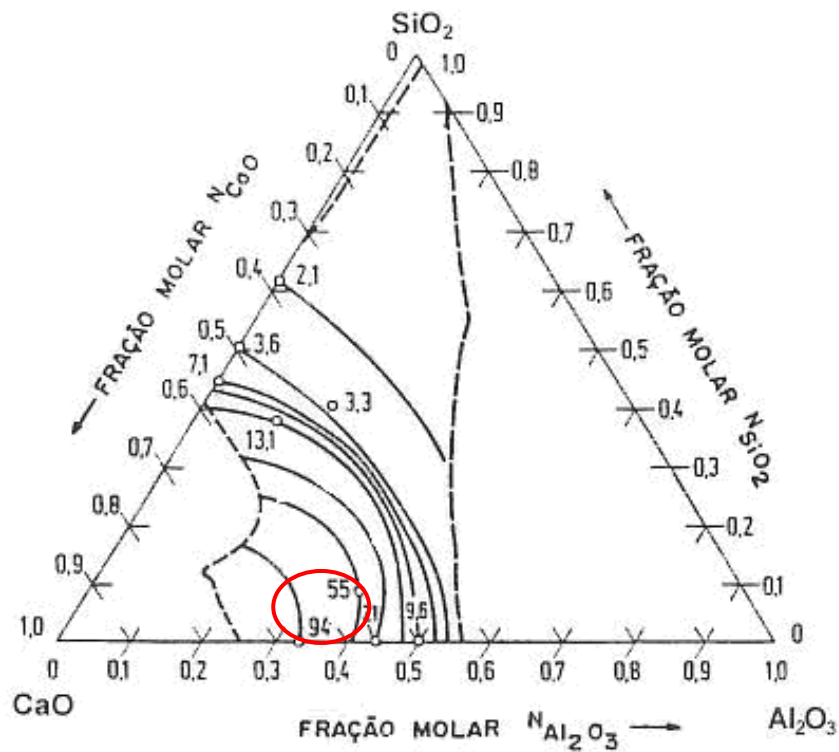


Figura 1 – Diagrama ternário  $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{CaO} - \text{SiO}_2$ . 1650°C. Mostrando  $C_s \times 10^4$

### 2.1.1 Utilização de Escória Sintética

Na Tabela 2 estão descritos os pontos positivos e negativos observados no processo de dessulfuração com escória sintética.

**Tabela 2 – Características do processo de escória sintética.**

Pontos positivos	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Redução do consumo de fluorita no Forno Panela;</li><li>➤ Redução da escória e do aço através do alumínio;</li><li>➤ Possibilidade de usar o material através do sistema de Ligas;</li><li>➤ Pode ser adicionada em grandes quantidades sem causar reações na panela;</li><li>➤ Elevação do rendimento das ligas;</li><li>➤ Pode ser adicionada em corridas oxidadas.</li></ul>
Pontos negativos	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Adição manual;</li><li>➤ A adição de escória sintética gera emissão de grande quantidade de poeira;</li><li>➤ Menor camada de escória no revestimento da panela.</li></ul>

A característica predominante desse processo é a fusão praticamente completa da escória da panela, acelerando a dessulfuração. Nesse processo a escória apresenta algumas ilhas de fundente sólido, que será fundido no Forno Panela.

## 2.2 Carbetto de Cálcio

O carbetto de cálcio ( $\text{CaC}_2$ ) é produzido a partir da cal ( $\text{CaO}$ ) e carbono em Fornos Elétricos de Redução, onde a carga é composta de cal e coque ou carvão vegetal. O processo consiste em reduzir o  $\text{CaO}$  a altas temperaturas através do carbono, gerando o  $\text{CaC}_2$ .

O carbetto de cálcio, com 70% de  $\text{CaC}_2$  é um forte desoxidante e dessulfurante. A adição pode ser executada no vazamento da corrida ou sobre a escória da panela.

Na reação de redução de  $\text{FeO}$  e  $\text{MnO}$  contidos na escória, ocorre a formação de  $\text{CaO}$  e  $\text{CO}$ . A taxa inicial de formação de  $\text{CO}$  depende da atividade do  $\text{FeO}$ , da composição química e da viscosidade da escória. Com a reação de redução, a formação de  $\text{CO}$  ocasiona uma espumação da escória e um aumento da viscosidade aparente. Esta espumação é um indicador do progresso das reações de redução.

O  $\text{CO}$  formado durante as reações de redução, através do  $\text{CaC}_2$  pode ter efeito prejudicial, o qual ocorre quando sua formação é excessiva, fazendo com que a escória formada transborde da panela. Por esse motivo, todos os testes foram executados em corridas com aço acalmado.

Reações de redução:



### 2.2.1 Utilização de carbetto de cálcio

Na Tabela 3 estão descritos os pontos positivos e negativos observados no processo de dessulfuração com o Carbetto de Cálcio.

**Tabela 3 – Características do processo de Carbetto de Cálcio.**

---

Pontos positivos	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Desoxidante e dessulfurante eficiente;</li><li>➤ Favorece a formação de camada de escória no revestimento da panela;</li><li>➤ Favorece a formação de escória espumante no processo do Forno Panela;</li><li>➤ Favorece a melhoria do rendimento das ligas.</li></ul>
Pontos negativos	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Temperatura do aço líquido elevada apresenta baixa taxa de dessulfuração devido à impossibilidade de manter o Forno Panela ligado;</li><li>➤ Não pode ser usado em corridas oxidadas devido ao risco de ferveras;</li><li>➤ Não pode ser molhado devido à formação de <math>C_2H_2</math></li></ul>

---

Antes da adição do  $CaC_2$ , no Forno Panela o nível de oxidação da corrida deve ser avaliado, além da avaliação do volume de escória que passou do Forno Elétrico para a panela.

### 2.3 Escória Sintética e Carbetto de Cálcio

Durante os testes com Escória sintética e Carbetto de cálcio, foi observado que os materiais apresentavam características distintas em cada aplicação e havia possibilidade de avaliação do uso simultâneo dos dessulfurantes, Foram desenvolvidos alguns testes, com a aplicação da Escória sintética no vazamento do Forno Elétrico e aplicação de Carbetto de cálcio no Forno Panela.

**Tabela 4 – Características do processo de Escoria Sintética e Carbetto de Cálcio.**

---

Pontos Positivos	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Menor tempo de fusão e desoxidação da escória durante o vazamento do Forno Elétrico;</li><li>➤ Melhoria na taxa de dessulfuração;</li><li>➤ Adição de escória sintética através de silos;</li><li>➤ Melhoria no rendimento das ligas;</li><li>➤ O uso de <math>CaC_2</math> no Forno Panela melhora a formação de coating nas panelas.</li></ul>
Pontos Negativos	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Necessidade de maior controle do custo e do estoque.</li></ul>

---

## 3 RESULTADOS APRESENTADOS NOS 3 EXPERIMENTOS.

O gráfico da figura 2 mostra o resultado comparativo dos os quatro processos

- ✓ O processo convencional apresentava histórico com taxa de dessulfuração muito baixa, não atendendo as necessidades da Aciaria.
- ✓ O processo com uso de Escória Sintética apresentou resultado de Taxa de Dessulfuração bastante superior ao convencional, e próximo ao valor objetivado, viabilizando o método.
- ✓ O processo com uso de  $CaC_2$  apresentou resultado similar a Escória Sintética, viabilizando também o método.

✓ O processo de adição simultânea de Escória Sintética e  $\text{CaC}_2$  consolidou o método com a elevação significativa da Taxa de Dessulfuração.

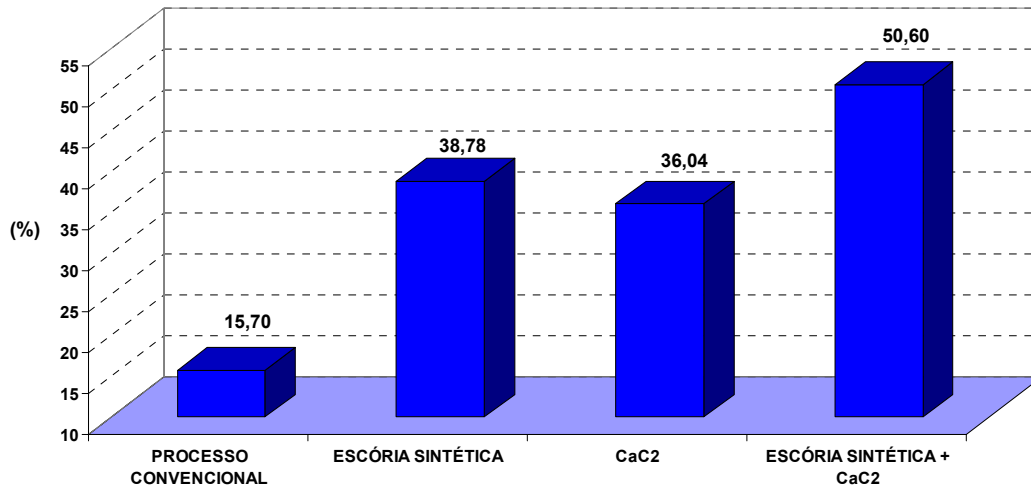


Figura 2 – Gráfico da taxa de dessulfuração nos métodos de testados.

### 3.1 Resultados DA Dessulfuração

O desenvolvimento do processo de dessulfuração através de uma melhor desoxidação da escoria, também possibilitou a melhoria do rendimento de Mn, gerando economia de ligas, conforme o gráfico da Figura 3.

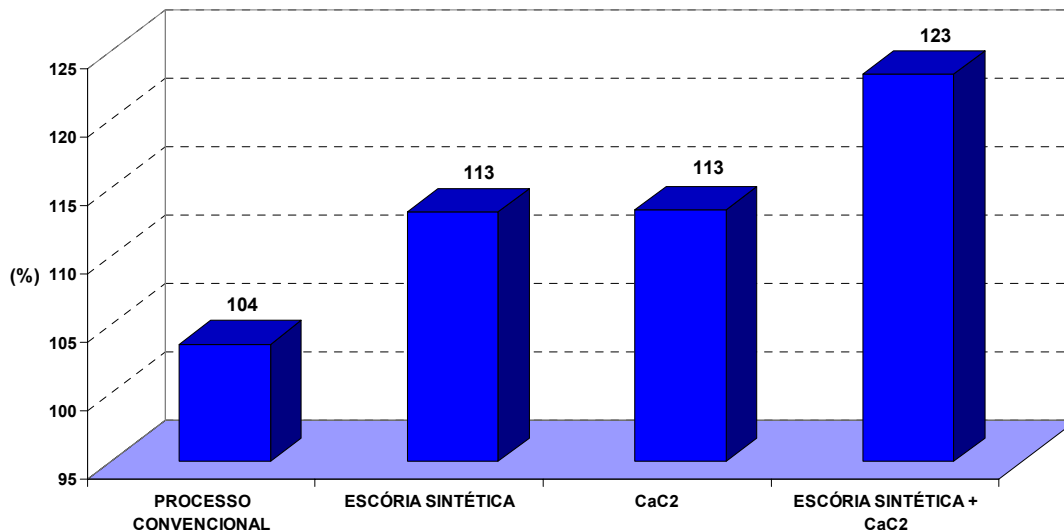
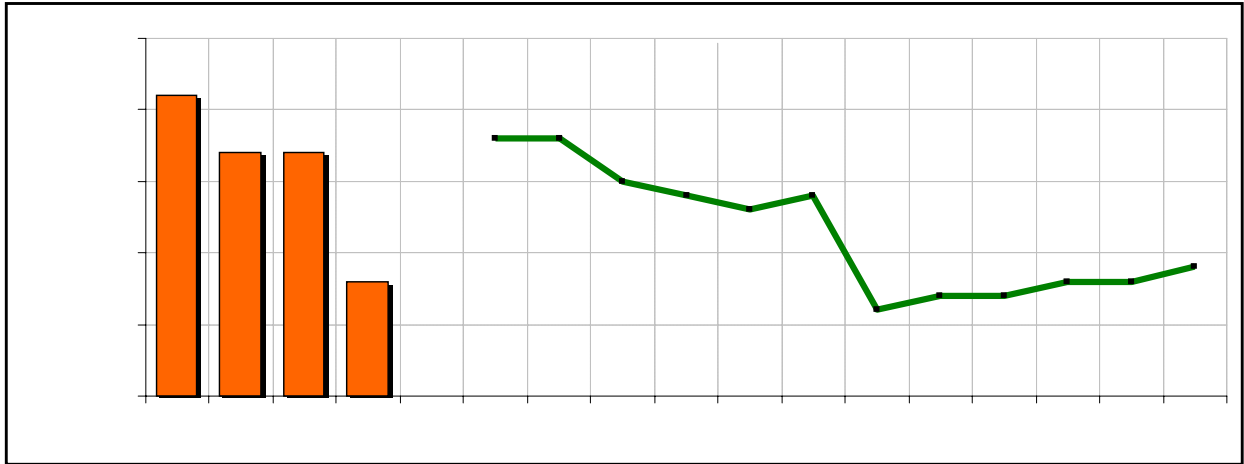


Figura 3 – Gráfico do rendimento de manganês nos métodos de dessulfuração.

Na Figura 4 é possível confirmar o efeito positivo do processo de dessulfuração, comparando as médias dos anos anteriores com os resultados conseguidos mês a mês.



**Figura 4** – Gráfico da redução do teor de enxofre nos métodos.

## 4 CONCLUSÕES

O desenvolvimento da Dessulfuração de aços de Médio Teor de Carbono (MTC) na Aciaria da Usina de Piracicaba está em fase de consolidação.

Os resultados obtidos foram positivos, com destaque para as adições simultâneas de Escória Sintética no Forno Elétrico e Carbeto de Cálcio no Forno Panela, ultrapassando o valor objetivado de Taxa de Dessulfuração e reduzindo o tempo de processamento do aço no Forno Panela.

## Agradecimentos

Os autores agradecem pelo desenvolvimento do trabalho e a todos os funcionários do Forno Elétrico, Forno Panela e Lingotamento Contínuo.

## BIBLIOGRAFIA

- 1 Campos, J.M.G. Curso de Siderurgia Básica - 2003
- 2 Nolasco Sobrinho et alli – Desenvolvimento do Vamflux BP para Refino de Aciaria da Belgo – XXXVIII Seminário Internacional de Aciaria – ABM – 2007.
- 3 Bruch, R. – Estudo termodinâmico da desoxidação do aço e escória com a adição de carbureto de cálcio – UFRGS – 2006.
- 4 Slag atlas – Verlag Stahleisen M. B. H. Düsseldorf . Germany - 1981