

# MELHORIA DO DESEMPENHO OPERACIONAL DE UM CONVERTEDOR LD ATRAVÉS DO DESENVOLVIMENTO DO PROCESSO DE SOPRO COM LANÇA DE QUATRO FUROS<sup>1</sup>

*Alin Júnior Machado Chaves<sup>2</sup>  
Luiz Fernando Andrade de Castro<sup>3</sup>  
João Baptista Romão<sup>4</sup>  
Marco Antônio M. Bosco<sup>5</sup>  
Wanderlei Miguel Gonçalves<sup>6</sup>  
Carlos Geraldo Quaresma<sup>7</sup>  
Geraldo Arthuso Magela<sup>7</sup>  
Helvio Claret<sup>7</sup>*

## Resumo

O desenvolvimento da fabricação de aço a oxigênio vem progredindo ao longo dos anos a partir de um conceito amplamente aceito na indústria, convertedor LD. O tempo de duração do sopro depende do projeto do bocal de lança e da vazão de oxigênio de trabalho. A maneira através do qual o jato de oxigênio interage com o banho metálico, tem influência marcante nas reações de refino e nas ejeções de metal/escória, afetando diretamente os resultados metalúrgicos e operacionais alcançados nos convertedores LD. O presente trabalho mostra os principais motivos que levaram ao desenvolvimento de um projeto de lança de quatro furos, faz uma comparação entre os bicos de três e quatro furos e apresenta resultados comparativos de processo tais como: tempo de sopro, rendimento metálico, FeO da escória, temperatura fim de sopro e consumo de fundentes (fluorita).

**Palavras-chave:** Lança 4 furos; Convertedor LD.

## IMPROVEMENT OF THE OPERATIONAL PERFORMANCE OF BOF THROUGH THE DEVELOPMENT OF THE PROCESS OF BLOW WITH LANCE OF FOUR HOLE

### Abstract

The development of the steel manufacture by oxygen blow has been improved the long years and nowadays it is a widely accepted in the industry, converter LD. The blowing time depends on the project of the nozzle of the lance and the outflow of work oxygen. The way through which the oxygen jet interacts with the metallic bath, directly has influence on the reactions of refining and the emulsion of metal/slag, affecting reached the metallurgic and operational results in the LD converters. The present work shows the main reasons that had led to the development of the lance with 4 holes, makes a comparison the lance of 3 and 4 holes and some comparative results such as presents between: time of blow, metallic yield, FeO of the slag, temperature blow end and consumption of fluorspar.

**Key words:** Oxygen lance of 4 hole.

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

<sup>2</sup> Engenheiro de Processo, Gerência Técnica – Aciaria – Usina de Monlevade.

<sup>3</sup> Engenheiro Metalurgista, Prof. Dr. - UFMG

<sup>4</sup> Consultor em processo BOF – Usina de Monlevade

<sup>5</sup> Engenheiro Metalurgista, M.Sc – Gerente da Aciaria - Usina de Monlevade

<sup>6</sup> Administrador, M.Sc, Gerência Técnica - Aciaria - Usina de Monlevade

<sup>7</sup> Técnicos Metalurgistas - Aciaria - Usina de Monlevade

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da fabricação de aço a oxigênio progrediu nos últimos 50 anos a partir de um conceito amplamente aceito na indústria. Em suas várias formas, a aciaria a oxigênio agora conta com sessenta por cento da produção mundial de aço. Em termos de configuração básica e operação do convertedor, os principais desenvolvimentos em tecnologia de aciaria a oxigênio aconteceram entre 1950 e 1960, quando entrou em operação a primeira planta de Aciaria LD em Linz, na Áustria. A Belgo Monlevade foi à primeira usina da América do sul a implementar o processo em 1957, onde a evolução do processo nas últimas décadas tem sido feita com automação do processo.

A instalação do Processo LD trouxe vantagens consideráveis, tais como<sup>(1)</sup>:

- Melhoria significativa na qualidade do aço;
- Maior reprodutibilidade de resultados (qualidade do aço mais constante);
- Redução significativa nos tempos operacionais;

Através de uma lança é soprado oxigênio de alta pureza com velocidade supersônica sobre a superfície da carga metálica. Cria-se aí uma região de impacto do jato, de altíssimas temperaturas, dando início às reações de refino e à formação da escória. O perfeito entendimento das reações de refino permite padronizar o momento e a quantidade de adição dos escorificantes necessários ao processo e estabelecer a altura da lança de oxigênio para que se tenha estabilidade nesta etapa e reprodutibilidade dos resultados.

O tempo de duração do sopro depende do projeto do bocal de lança e da vazão de oxigênio de trabalho, podendo estar entre 10 a 30 minutos.

A contínua evolução dos convertedores LD, onde constantes aumentos de volume de produção e/ou produtividade, exigem vazões de oxigênio cada vez maiores, pode-se constatar que é extremamente importante que os projetos de bicos de lança de oxigênio acompanhem de perto essa evolução, proporcionando, sempre, as melhores condições de sopro possíveis.

Melhorar o desempenho operacional do convertedor LD da aciaria da Belgo, usina Monlevade, através do desenvolvimento do processo no uso da lança de quatro furos é o objetivo deste trabalho, sendo avaliado através dos seguintes resultados, tendo como referência os valores obtidos atualmente com a lança de três furos:

- Tempo sopro
- Rendimento metálico
- FeO da escória
- Temperatura fim de sopro
- Consumo de fundentes (Fluorita)

## 2 PROJETO LANÇA DE 4 FUROS BELGO

A Belgo - Usina Monlevade utiliza-se lança de oxigênio com duplo fluxo, ou pós-combustão.

Normalmente, as lanças são constituídas por três tubos de aços concêntricos, sendo o tubo menor para oxigênio e os dois externos para circulação de água de refrigeração. Na extremidade inferior é adaptado e soldado o bico de cobre e na parte superior são conectadas as mangueiras de água e oxigênio.

No caso particular da lança de pós-combustão, existe um quarto tubo para a passagem do oxigênio secundário o qual viria logo após o tubo de oxigênio primário.

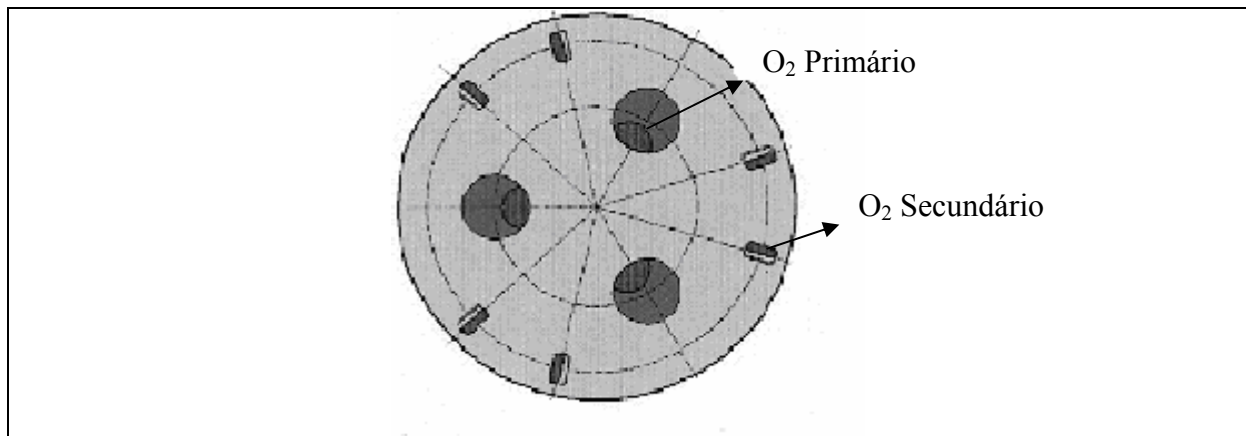
A lança de duplo fluxo foi projetada com a finalidade de propiciar um maior enforcamento de sucata.

O processo se baseia na combustão do carbono do banho pelo jato de oxigênio primário formando o CO pela reação  $C_{(s)} + 1/2 O_{2(g)} = CO_{(g)}$  e a combustão deste gás pelo oxigênio soprado pelo fluxo secundário pela reação  $CO_{(g)} + 1/2 O_{2(g)} = CO_{2(g)}$ .

Esta combustão, quando bem orientada, proporciona um aumento no enforcamento a mais de até 20% de sucata<sup>(2)</sup>. A Figura 1 mostra esquematicamente o processo de pós-combustão, na qual se observa que a pós-combustão do CO ocorre numa região distante do local de impacto do oxigênio primário.

Nessas condições o que realmente importa são:

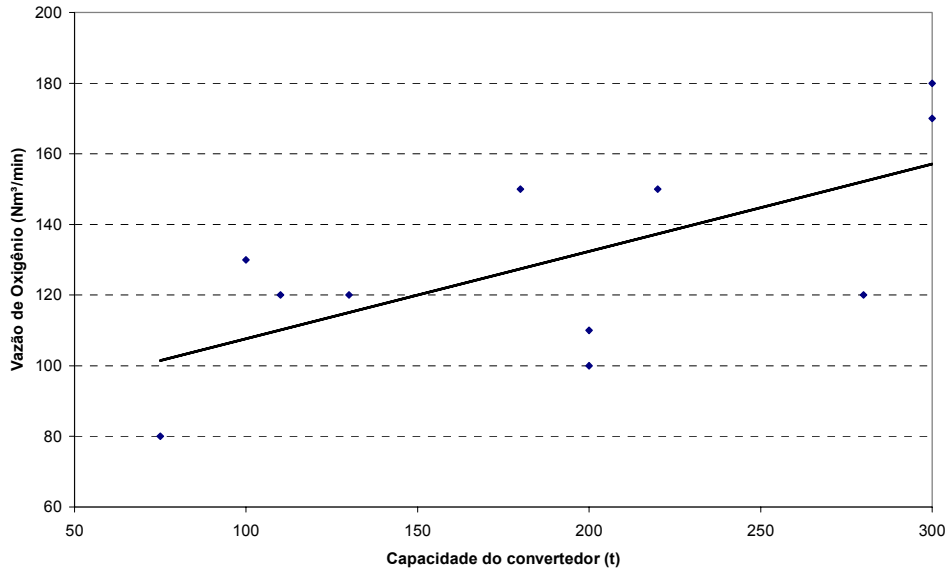
- Taxa de combustão em que o CO seria convertido em CO<sub>2</sub> em função do teor de carbono do metal ;
- Eficiência de transferência de calor para o banho sem maiores danos para ao revestimento refratário.



**Figura 1.**Topo do bico da lança. <sup>(2)</sup>

O aumento do número de furos no bico da lança permite que se trabalhe com valores de altura da lança mais próximos dos valores calculados, sem a necessidade de se fazer grandes adições de fluorita. A possibilidade de trabalhar com valores de L/Lo mais baixo promoverá uma formação de escória mais adequada ao processo, reduzindo de maneira significativa os inconvenientes que hoje se observam com o uso da lança de três furos.

Como será utilizada uma vazão de 480Nm<sup>3</sup>/min, segundo a Figura 2, para convertedores com capacidade de 100 a 150 ton. , devemos trabalhar com uma vazão aproximada de 120 Nm<sup>3</sup> por bocal, será adotada uma lança de quatro furos.<sup>(2-4)</sup>



**Figura 2.** Relação entre vazão de oxigênio por bocal da cabeça de lança em função da capacidade do convertedor. <sup>(5)</sup>

A Tabela 1 mostra as principais diferenças da lança de três furos em relação à lança de quatro furos:

**Tabela 1.** Comparação das especificações

<b>Características da lança de Oxigênio</b>	
Nº de furos para oxigênio primário	4
Nº de furos para oxigênio secundário	8
Diâmetro crítico (O <sub>2</sub> primário)	Sem alteração
Diâmetro do furo (O <sub>2</sub> secundário)	Acréscimo de 10%
Ângulo de inclinação (O <sub>2</sub> primário)	Acréscimo de 20%
Ângulo de inclinação (O <sub>2</sub> secundário)	Redução de 10%
Diâmetro externo da lança (mm)	Sem alteração
Vazão máxima de O <sub>2</sub> primário (Nm <sup>3</sup> )	Acréscimo de 20%
Pressão de O <sub>2</sub> na lança (kgf/cm <sup>2</sup> )	Sem alteração

### 3 METODOLOGIA

Uma operação de sopro que promova os melhores resultados de fim de sopro é o principal objetivo. As condições que se oferecem para este fim devem atender o mínimo necessário para o bom êxito operacional. Quando isto não acontece são empregados meios alternativos que possam minimizar os efeitos colaterais causados por alguma mudança.

O trabalho de adequação do processo para se conseguir operar a aciaria com a lança de quatro furos está sendo focado nos aspectos que envolvem o processo de sopro.

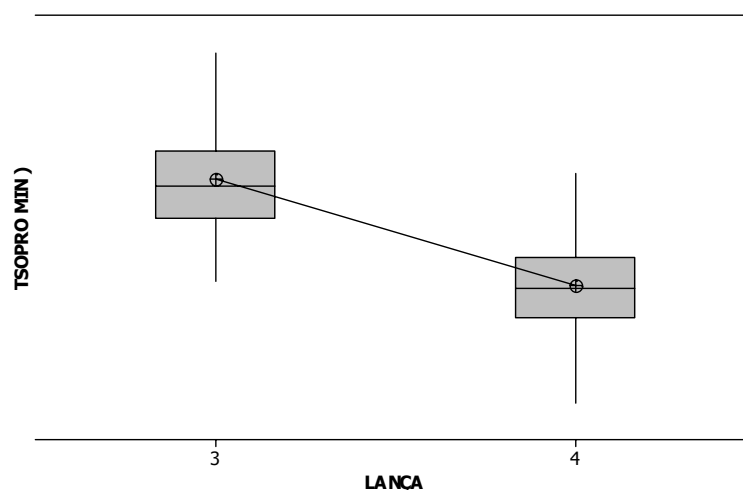
A verificação dos resultados foi realizada utilizando métodos estatísticos onde os resultados das corridas experimentais com a lança de quatro furos foram comparados com corridas realizadas na rotina com a lança de três furos. A seleção das corridas da rotina foi obtida do banco de dados da aciaria referente aos meses

de maio a dezembro 2005, onde foi realizado um filtro nos dados visando obter as características de processo (teor de Si do gusa, peso do gusa, peso de sucata) bem próximas das quais foram realizadas as corridas experimentais. Ou seja, através desse filtro foi possível comparar duas amostras de dados semelhantes com e sem prática experimental. A comparação estatística foi necessária devido à dificuldade na repetibilidade dos experimentos, pois as variações naturais do processo (composição química e temperatura do gusa, faixa de percentual de carbono fim de sopro e ruídos do processo) entre os experimentos não garantem essa repetibilidade com precisão.

## 4 RESULTADOS

Para análise dos resultados de processo levamos em consideração 232 corridas sopradas com a lança de quatro furos e comparamos com dados históricos de processo da lança de três furos. Os resultados serão apresentados levando em consideração as variáveis respostas estabelecidas:

### 4.1 Tempo de Sopro

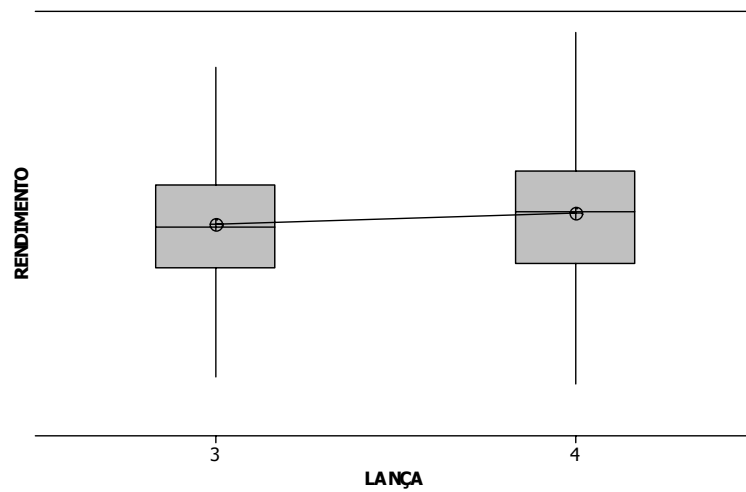


**Figura 3.** Comparação do tempo de sopro lança de 3 e 4 furos

Utilizando a lança de quatro furos foi verificado uma redução média no tempo em 15% e também uma redução na variabilidade.

Trabalhamos com uma vazão mais alta com uma mesma relação ( $L/L_0$ ).

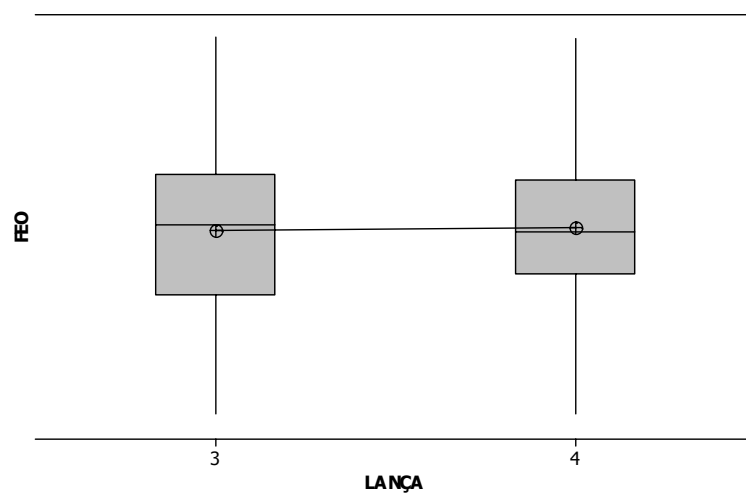
## 4.2 Rendimento Metálico



**Figura 4.** Comparação do rendimento metálico lança de 3 e 4 furos.

Não há uma diferença significativa no rendimento metálico comparando a lança de três e 4 furos.

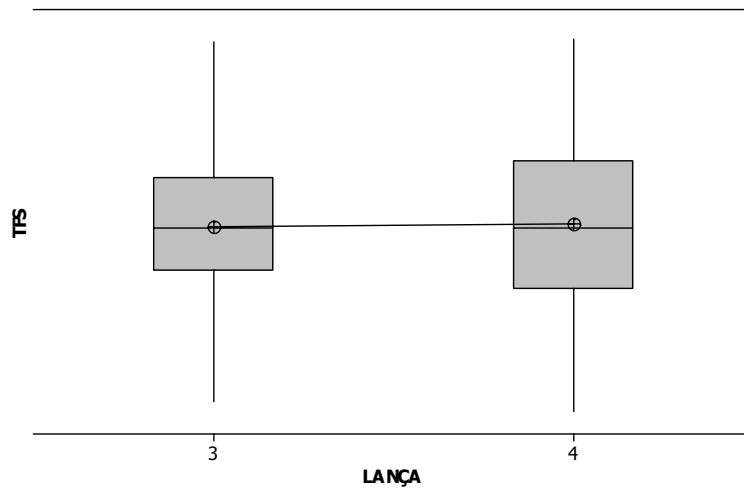
## 4.3 FeO da Escória do LD



**Figura 5.** Comparação do FeO da escória lança de 3 e 4 furos.

Não há uma diferença significativa na média do FeO da escória, mas para lança de quatro furos podemos verificar uma redução na variabilidade.

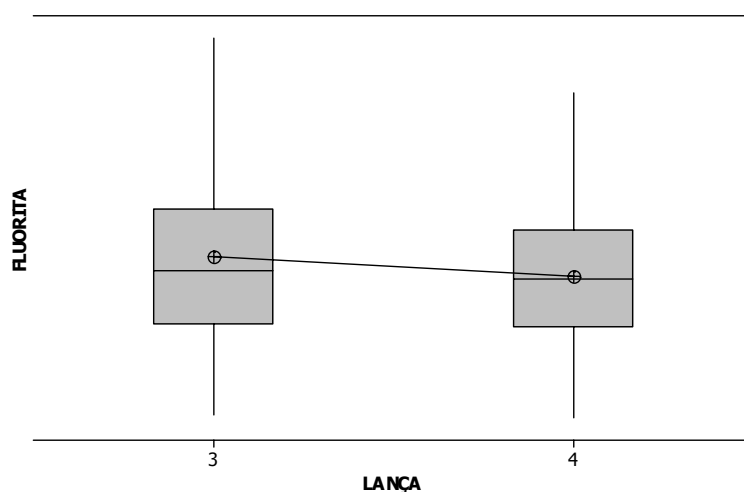
#### 4.4 - Temperatura Fim de Sopro



**Figura 6.** Comparação da temperatura fim de sopro da lança de 3 e 4 furos.

Não há uma diferença significativa na média da TFS, mas foi verificado um aumento na variabilidade.

#### 4.5 Consumo de Fluorita



**Figura 7.** Comparação do consumo de fluorita da lança de 3 e 4 furos.

Utilizando a lança de quatro furos foi verificado uma redução média de 12% e também uma redução na variabilidade.

### 5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos vieram ao encontro do objetivado, que era implementar o bico de lança de quatro furos com uma redução de tempo de sopro mantendo no mínimo a mesma performance nos demais parâmetros de processo, tais como: Rendimento metálico, FeO da escória, temperatura fim de sopro e consumo de fundentes.

## **Agradecimentos**

Os autores agradecem a Belgo Arcelor Brasil, a Universidade Federal de Minas Gerais e todos aqueles que contribuíram, seja por contribuição técnica, pedagógica e/ou operacional, para o desenvolvimento deste projeto.

## **Referências**

- 1 BARÃO, C. Sopros Combinados. Fabricação de Aço em Forno Básico a Oxigênio. ABM, 2004.
- 2 ROMÃO, J.B. Curso LD. Belgo João Monlevade, 2002.
- 3 CAMPOS, VICENTE FALCONI. Tecnologia de fabricação do aço líquido, Volume I, 1980.
- 4 GLASS D.R. Oxygen jetting ,.section VI, n.1, p. 1 – 81, 1997.
- 5 MARTINS, A.A. Lança de oxigênio e características do jato. Fabricação de aço em Forno Básico a Oxigênio ABM,2004
- 6 FABRITIUS, T.M.J.; LUOMALA, M.J.; VIRTANEN, E.O.; TENKKU, H.; FABRITIUS, T.L.J.; SIIVOLA, T.P.; KÄRKKI, J.J. Effect of Bottom Nozzle Arrangement on Splashing and Spitting in Combined Blowing Converter. ISIJ International, v 42, n. 8, p 861-875, 2002.
- 7 FARIA, M.A. A. Operação de Refino de Aço - Fabricação de Aço em Forno Básico a Oxigênio. ABM, 2004.