

# GANHOS DE SEGURANÇA E PRODUTIVIDADE NO VAZAMENTO DO AÇO LÍQUIDO UTILIZANDO FERRAMENTAS DE AUXÍLIO OPERACIONAL NO CONVERTEDOR LD<sup>1</sup>

Leandro Peixoto Almeida<sup>2</sup>  
Fabrício Batista Vieira<sup>3</sup>  
Wolfgang Bender-Bergold<sup>4</sup>  
Felipe Alves Ribeiro<sup>5</sup>  
Hudson Guerra Asth<sup>6</sup>  
Luiz Fernando da Silva<sup>7</sup>

## Resumo

A motivação para realização deste trabalho foi em função das falhas operacionais de passagem de escória durante o vazamento do aço líquido, resultando na reclassificação de corridas e, no pior caso, o sucateamento completo. O outro motivo deste trabalho foi o número de acidentes e de incidentes ocorridos com os operadores durante a realização da tarefa de posicionamento do dardo no furo de corrida no vazamento do aço líquido do Convertedor LD para a Panela de Aço. Pode-se observar que tanto para o sistema de detecção de escória quanto para a máquina de posicionamento do dardo após ambas as implementações houve uma redução significativa do número de corridas com reversão do teor de fósforo no aço e melhora nas condições de segurança da planta, respectivamente. Pode-se concluir que, após dois anos de implementação dos investimentos, o uso do dardo refratário mais o sistema de detecção de escória é a combinação vencedora para uma Aciaria voltada para aços com baixos teores de fósforo, com elevada produtividade e com uma necessidade de minimizar o número de acidentes do trabalho.

**Palavras-chave:** Convertedor LD; Vazamento aço líquido; Máquina de retenção de escória; Câmera de detecção de escória.

## IMPLEMENTATION OF TECHNOLOGY FOR STEEL TAPPING IN THE BOF OF V&M DO BRASIL

### Abstract

This work was carried out heavily motivated to high operation events of slag carry-over during tapping steel, resulting in the heat degrading and, worth case, heat scrapping. The other reason was about the high number of operator accident during refractory dart manual task positioning in the tapping steel. The both systems after implementation reduce the number of heat with phosphorus reversion and number of operator's accidents, respectively. The work was showed that combine both systems was better solution for steel plant turned to low phosphorus content, high demand and with high necessity to reduce accident's events.

**Key words:** BOF process; Liquid steel tapping; Taphole closing machine; Thermographic slag detection.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 40º Seminário de Aciaria – Internacional, 24 a 27 de maio de 2009, São Paulo, SP, Brasil.*

<sup>2</sup> *Engenheiro Metalurgista, M. Sc., Engenheiro responsável pela a Metalurgia Primária da V&M do Brasil*

<sup>3</sup> *Engenheiro Metalurgista, M. Sc., Gerente da Aciaria da V&M do Brasil*

<sup>4</sup> *Engenheiro de Projeto, AMEPA GmbH*

<sup>5</sup> *Coordenador de Assistência Técnica da Magnesita SA*

<sup>6</sup> *Engenheiro Metalurgista,. Engenheiro responsável pela a Secundária da V&M do Brasil*

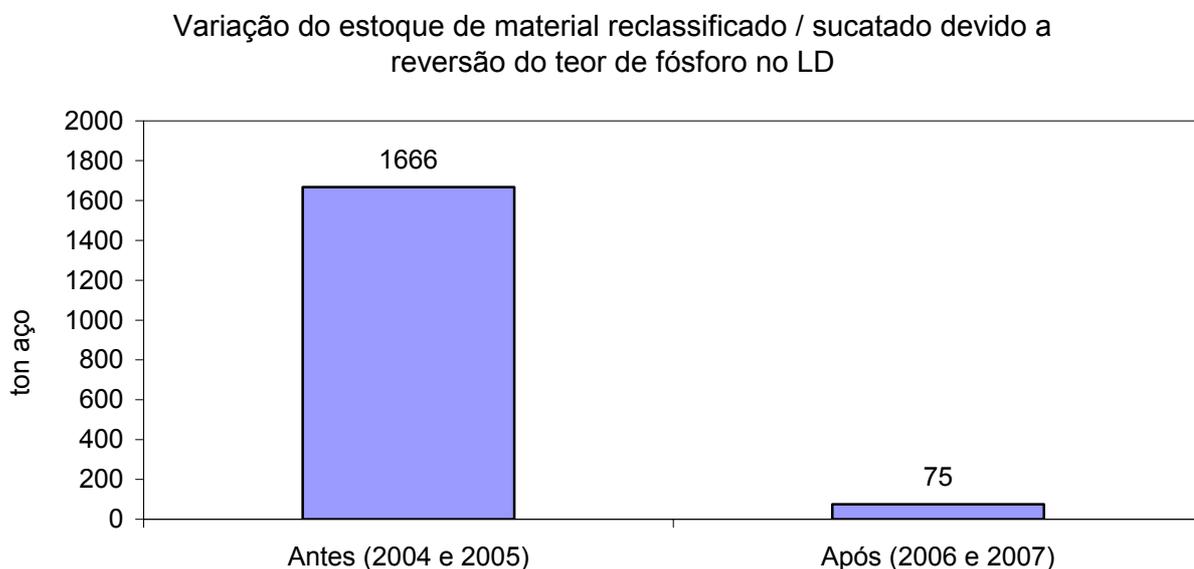
<sup>7</sup> *Engenheiro Metalurgista, M. Sc., Gerente da Qualidade e Pesquisa Siderúrgica da V&M do Brasil*

## 1 INTRODUÇÃO

Para atender a crescente demanda de aços com baixos teores de fósforo a preços competitivos, a indústria siderúrgica tem feito progressos tecnológicos e científicos constantes nas diversas etapas que compõem a fabricação do aço. Outra importante necessidade operacional é a redução do número de acidente com os operadores dos equipamentos. O processo de fabricação de aço tem enfrentado esses desafios, buscando o atendimento da qualidade do produto final com total segurança operacional e garantindo a produtividade do equipamento.

Diante destas novas exigências tanto de mercado quanto ocupacional, a V&M do Brasil realizou diversos tipos de investimentos em seu parque industrial. Dentre desses objetos de investimentos, o presente trabalho visa destacar dois importantes equipamentos adquiridos entre os anos de 2005/2006 que são: sistema de detecção de passagem de escória e máquina de posicionamento do dardo durante o vazamento do aço líquido no Convertedor LD.

O principal objetivo da implementação do sistema de detecção de escória foi reduzir o carregamento de escória para a panela de aço, evitando as ocorrências de reversão do teor de fósforo após o término do vazamento. O resultado é um menor número de corrias reclassificadas e, no pior caso, corrias sucataadas. Na Figura 1 pode-se verificar a redução do estoque deste tipo de ocorrências após o “start-up” do sistema. Na Figura 1 pode-se observar que após a implementação do equipamento houve uma redução de 95,7% e as ocorrências de reversão de fósforo na maioria dos casos foi devido à falha operacional por não utilização adequada do equipamento.



**Figura 1** – Redução do estoque de material reclassificado e/ou sucataado.

Outro investimento implementado no final de 2006 foi à máquina de posicionamento de dardo durante o vazamento. O principal objetivo deste investimento foi a redução do número de acidentes já que o posicionamento do dardo durante o vazamento do aço líquido era feito de modo manual com auxílio de uma tenaz. As Figuras 2 e 3 mostram, respectivamente, antes e após a implementação do equipamento.



**Figura 2** – Posicionamento manual do dardo durante o vazamento do aço.



**Figura 3** – Posicionamento automático do dardo durante o vazamento do aço.

## 2 MATERIAL E MÉTODO

Neste trabalho os materiais e métodos foram divididos em duas etapas:

### 2.1 Sistema de Detecção de Escória

O sistema termográfico de detecção de escória utiliza o princípio que aço e a escória emitem radiação infravermelha com comprimentos de ondas distintos. A intensidade da radiação infravermelha depende tanto da temperatura quanto da capacidade de emissão do material específico. No caso de mesma temperatura, a capacidade de emissão da escória excede a capacidade para a faixa de comprimento de onda monitorado. A diferença de emissão é significativamente maior uma determinada faixa do infravermelho (8  $\mu\text{m}$  a 13  $\mu\text{m}$ ) do espectro visível. Isto assegura uma clara e repetitiva distinção visual (digital) da escória e do aço. Entre o jato de aço/escória e a câmera é tipicamente separado por ar, sujeira e vapor. Esta atmosfera de poeiras não atenua a radiação infravermelha de maior para menor grau. Logo, o uso de uma faixa específica de comprimento de onda melhora significativamente a transmissão como pode ser observada pela a Figura 4.

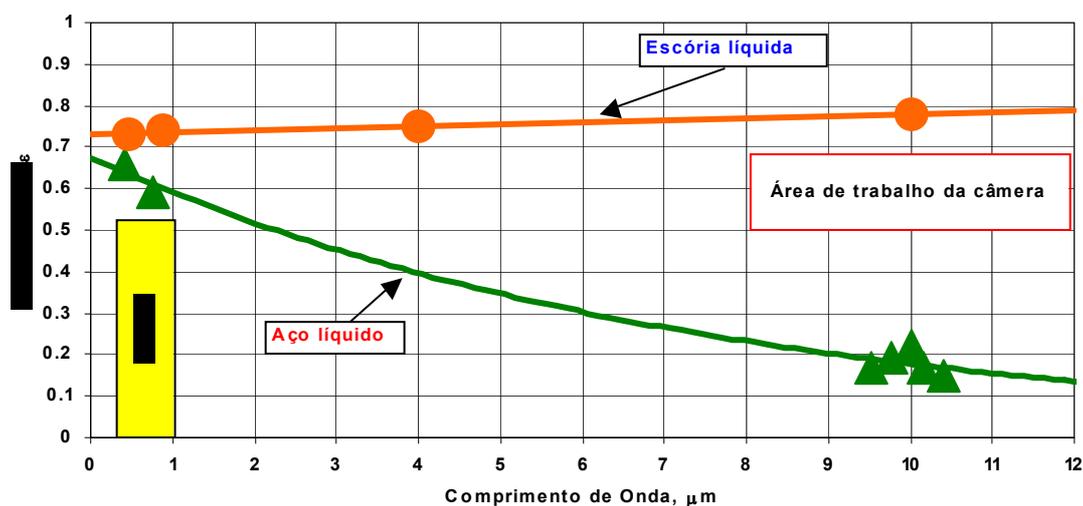
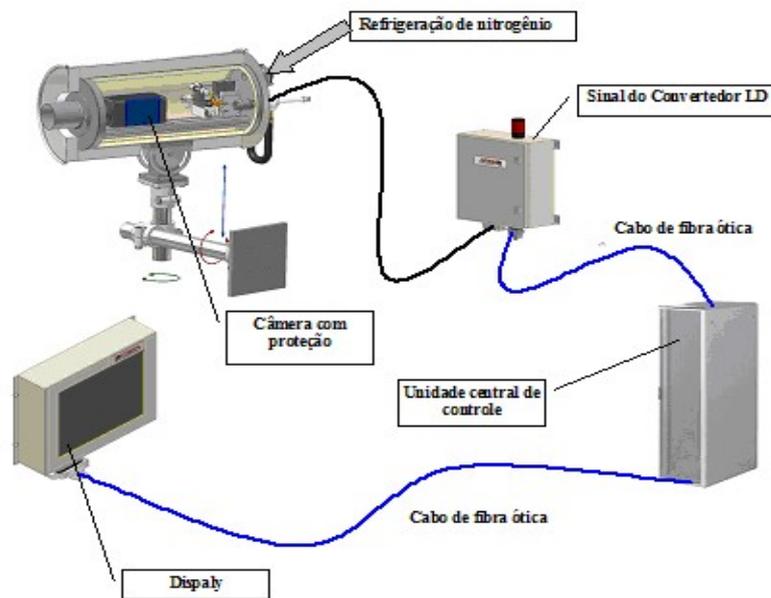


Figura 4 – Variação da emissividade do aço/escória para diferentes comprimentos de ondas.

A radiação do infravermelho do jato durante o vazamento é captada por um elemento detector com sensibilidade para radiações na faixa de infravermelho distante. Uma avaliação eletrônica adequada das respectivas peças de informação fornece uma imagem em preto e branco na forma digitalizada com 256 possibilidades de tons de cinza para processamento dos dados. O detector, os transdutores e a lente formam uma unidade chamada de câmera e sensor. A imagem de vídeo proveniente do sensor é transmitida para a unidade central onde é avaliado pelos softwares. Nestes softwares as imagens em cor preto e branco determinam a seção da imagem que contém o jato no vazamento. A seção da imagem do jato é analisada com os presentes valores de intensidade. Todos os valores de intensidade do jato no vazamento que excedem um limite são interpretados com escória para uma melhor distinção no display. Após todo o processamento dos dados de identificação da escória, a imagem preto e branca é colorida em vermelho (aço) e verde (escória) para melhor identificação dos

operadores. O sistema de detecção de escória consiste em uma câmera de monitoração do jato no vazamento, um sinal do Conversor LD, e uma cabine contendo o controle e a unidade de avaliação (Figura 5). Dois monitores de visualização foram instalados, um na cabine de vazamento/operação do forno e outro na cabine de comando ambos conectados na unidade central. O sistema de detecção é utilizado apenas como ferramenta de auxílio na identificação da escória sendo toda decisão de interrupção do vazamento fica sob responsabilidade dos operadores.



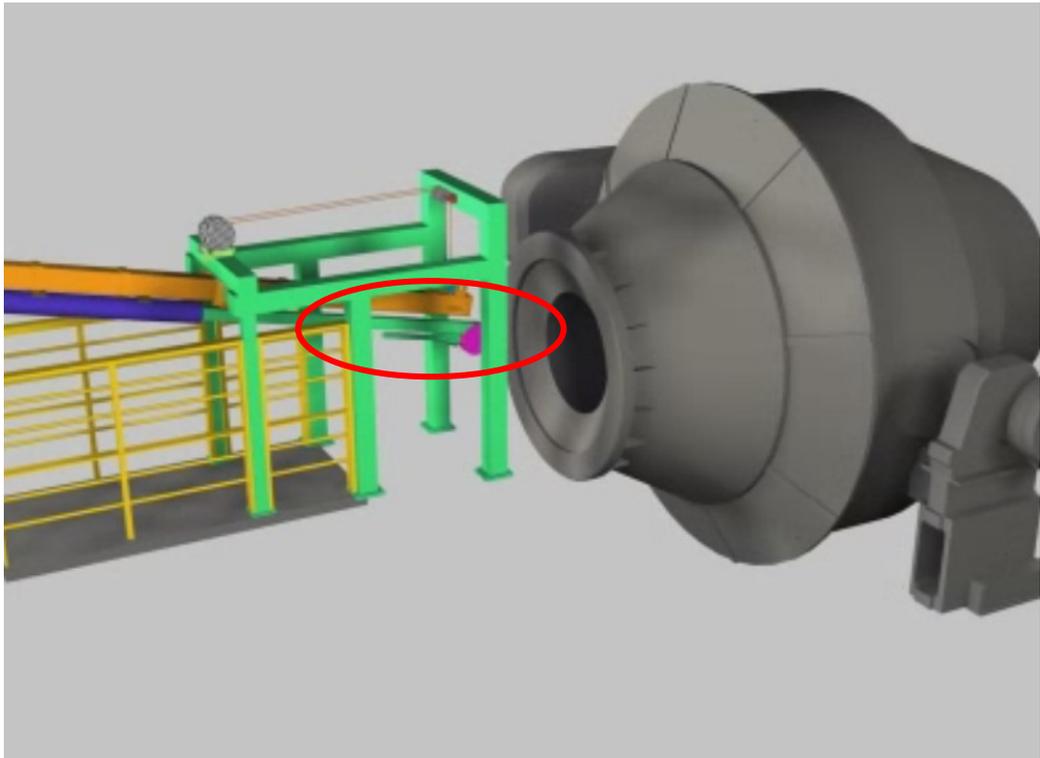
**Figura 5** – Esquema de configuração do sistema de detecção de escória.

## 2.2 Máquina de Posicionamento de Dardo

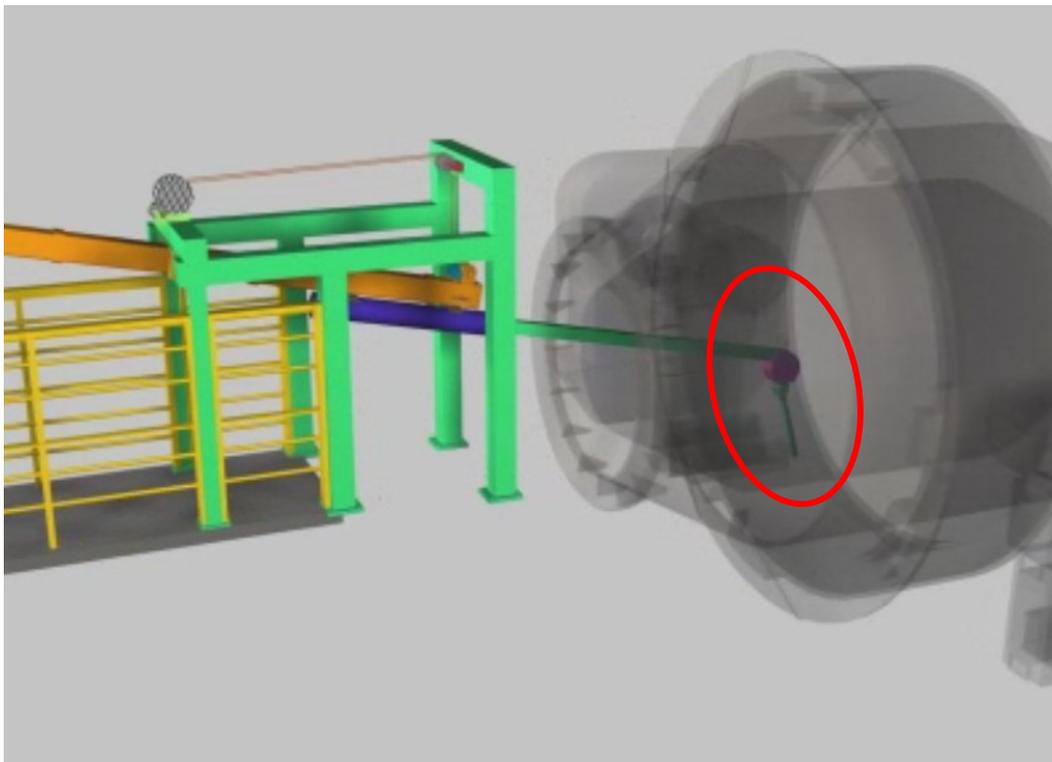
O método manual para posicionamento do dardo no furo de corrida é realizado com auxílio de uma ferramenta, conhecida como “tenaz”, e dois operadores posicionam o dardo na ponta da ferramenta e em um momento exato do vazamento do aço líquido, eles posicionam o dardo dentro do furo de corrida como pode ser observado na Figura 2.

Diante dos riscos de acidentes, em parceria com o fornecedor do material refratário, foi desenvolvido um método mecânico e automático que consiste em um equipamento que substitui a ferramenta “tenaz” e realiza toda a tarefa sem a necessidade do operador eliminando definitivamente a possibilidade da ocorrência de acidente junto aos operadores.

Na Figura 6 pode-se observar o projeto da máquina de posicionamento de dardo no furo de corrida do Conversor LD. Um ponto importante considerado no projeto da máquina foi o sistema de giro do dardo como destacado na Figura 6. O dardo entra na boca do Conversor LD em paralelo a haste de lançamento para que não haja o contato do dardo com os cascões aderido na boca e ao chegar perto do furo de corrida, o sistema gira o dardo posicionando-o perpendicularmente no furo de corrida como pode ser observado na Figura 7.



**Figura 6** – Projeto da máquina de posicionamento de dardo no Convertedor LD.



**Figura 7** – Sistema de giro da máquina de posicionamento de dardo.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados deste trabalho foram divididos em duas partes:

#### 3.1 Sistema de Detecção de Escória

Um dos resultados do sistema de detecção de escória foi à redução do estoque de corridas reclassificadas e/ou sucata como mostrado na Figura 1. Um dos motivos para a minimização da reversão do fósforo é a redução da passagem da escória já que a escória de fim de sopro é extremamente oxidada em relação à escória da panela de aço,<sup>(1)</sup> fazendo com que a escória passante (oxidada) seja reduzida pelos elementos ligas adicionados para desoxidar o aço acabam desoxidando parte da escória passante retornando o fósforo da escória para o aço.

Com a redução da escória passante no vazamento da corrida, pode-se perceber uma redução do desgaste do refratário das Painelas de Aço na região da linha de escória e, conseqüentemente, um aumento da campanha refratária das Painelas de Aço. A Figura 8 mostra a evolução da campanha refratária das Painelas de Aço antes e após a implementação do sistema de detecção de escória após 2006, alcançando aumento médio de aproximadamente três corridas/panela. Outro benefício de grande significado metalúrgico e econômico foi a elevação do rendimento dos desoxidantes utilizados.

A Figura 9 mostra a tela de visualização dos operadores do forno durante o vazamento de uma corrida no Convertedor LD da V&M do Brasil.

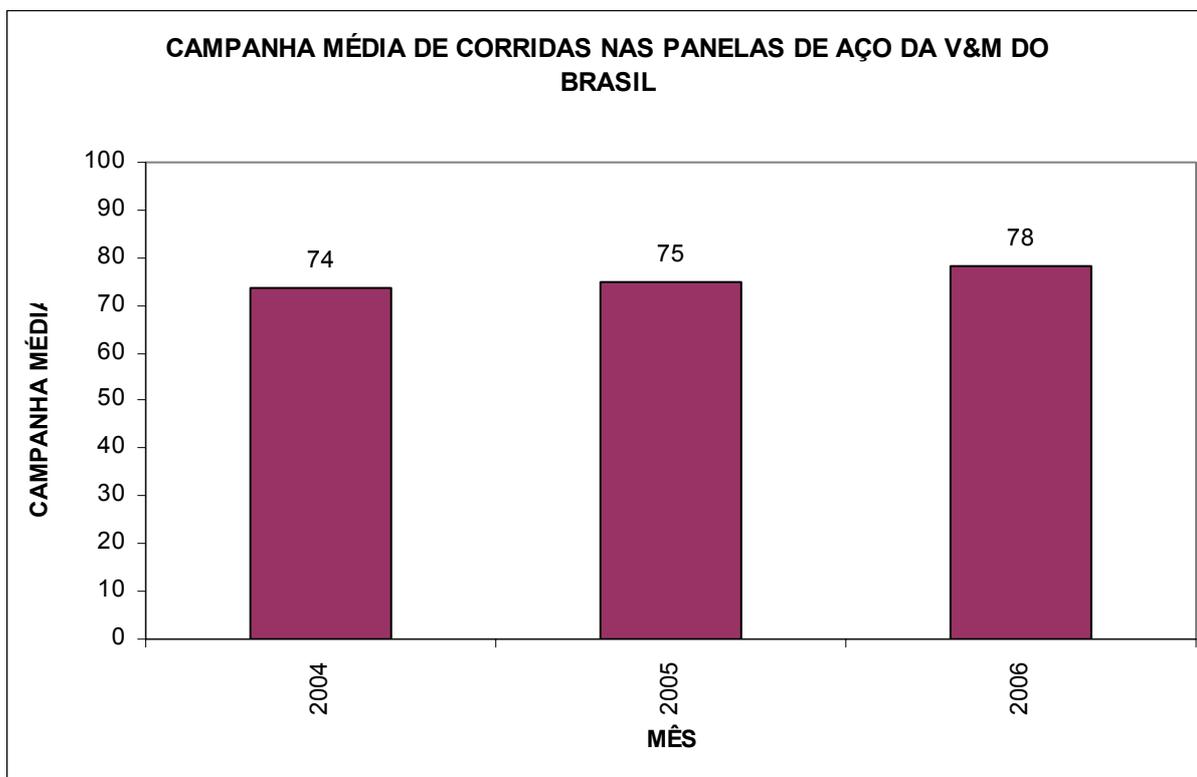
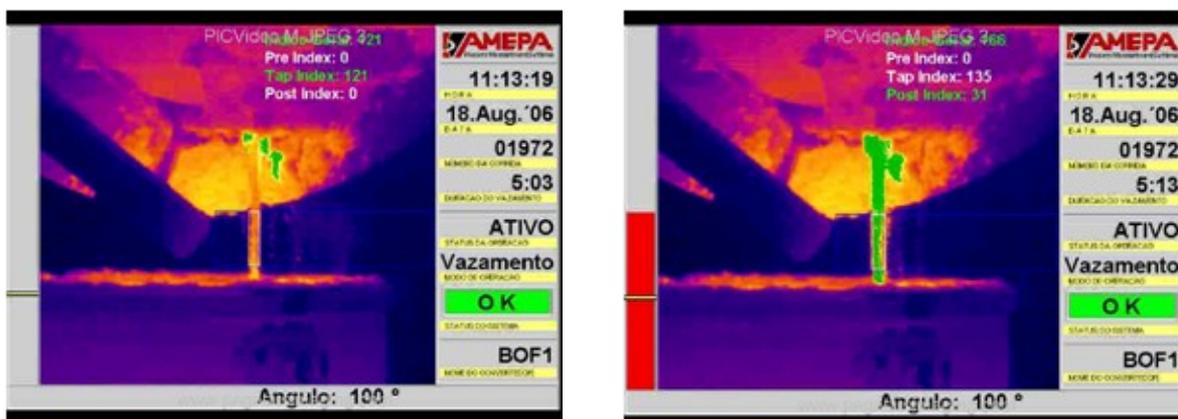


Figura 8 – Redução do desgaste refratário das Painelas de Aço na região da linha de escória.

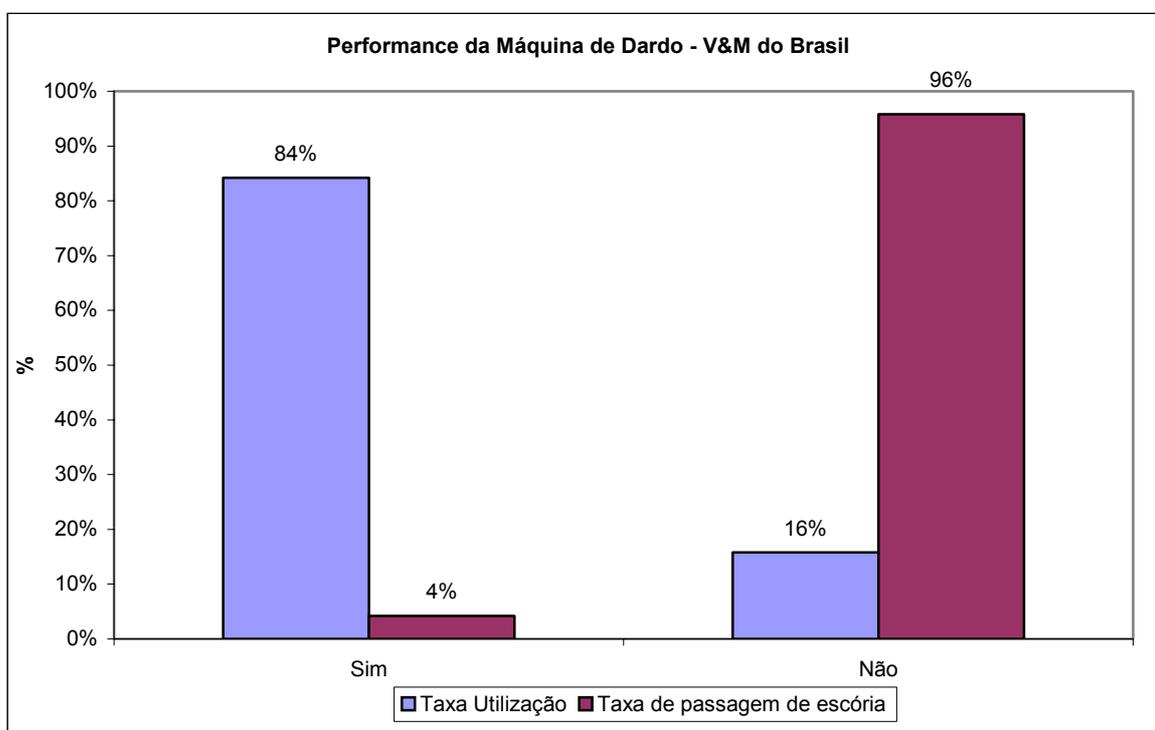


**Figura 9** – Sistema de detecção de escória no vazamento de corrida do Convertedor LD da V&M do Brasil.

### 3.2 Máquina de Posicionamento de Dardo

O principal resultado da máquina de posicionamento de dardo no furo de corrida durante o vazamento foi eliminação das operações manuais e eliminação da possibilidade de acidentes, tornando-se um equipamento definitivo na atual prática operacional da fabricação do aço líquido na V&M do Brasil.

Após a implementação do equipamento apuraram-se os seguintes parâmetros operacionais: taxa de utilização da máquina de dardo e taxa de passagem de escória.



**Figura 10** – Índice de utilização da máquina de dardo e de passagem de escória durante o vazamento da corrida.

Na Figura 10 pode-se observar o índice de utilização da máquina de dardo e a porcentagem de passagem de escória durante o vazamento da corrida. Uma das principais variáveis que influencia na utilização do dardo é a vida do furo de corrida.

Quando o furo encontra-se com até dez corridas não se faz o uso do dardo refratário em virtude do longo tempo de vazamento do aço. No mesmo gráfico observa-se o percentual de passagem de escória durante o vazamento. Esse índice é apurado a cada corrida pelos operadores, considerando mais de 2000 corridas.

#### **4 CONCLUSÕES**

Neste trabalho pode-se concluir que a utilização em conjunto do dardo refratário e do sistema de detecção de escória durante o vazamento do aço líquido é o melhor método para se garantir a qualidade do produto, assegurando a segurança dos operadores no processo. O sistema de detecção de escória facilitou a visualização da escória pelos operadores do forno durante o vazamento do aço líquido e já a máquina de posicionamento do dardo no furo de corrida eliminou completamente o risco de graves acidentes operacionais durante a realização da tarefa. Sendo assim, a V&M do Brasil acredita que o método adotado traz o melhor custo-benefício para a fabricação de seus produtos.

#### **Agradecimentos**

Para realização deste trabalho agradecemos as seguintes empresas:

- V&M do Brasil por financiar e incentivar a realização deste trabalho;
- A empresa parceira AMEPA GmbH por fornecer o sistema de detecção de escória;
- A empresa parceira Magnestia SA por fornecedor a máquina de posicionamento de dardo;
- A empresa RS Consultants pela consultoria e ensinamentos.

#### **BIBLIOGRAFIA**

- 1 CASTRO, L.F.A.; SAMPAIO, R.S.; TAVARES, R.P. *Termodinâmica metalúrgica*. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Metalúrgica da UFMG, 1976. Cap. 1.
- 2 CARVALHO, J.L.R.; ASSIS, P.A.; CAMILO, R.D.; FIGUEIRA, R.M.; CAMPOS, V.F. *Dados termodinâmicos para metalurgistas*. Belo Horizonte: Papelaria Oficial, 1977.
- 3 LI Jiang, ZHOU Jigang, ZHONG Zhimin, LI Cunlin, KONG Xianghong. *Application of thermographic slag detection system in baosteel*. Shanghai: Iron & Steel Co., 2008.
- 4 CARSS, S.; IBLAKE, I.; KOOPMANS, P.; OVERBOSCH, A. Slag detection in the tapping stream using thermal imaging. In: EUROPEAN OXYGEN STEELMAKING CONFERENCE, Birmingham, UK: Conference Pre-Prints, 2000. p. 319-28.
- 5 JULIUS, E.; BERTERMANN, K. Advances in furnace tapping. *Steelmaking Proceedings*, v. 85, p. 1-14, 2002.