

## DESENVOLVIMENTO E IMPLANTAÇÃO DO DETECTOR PNEUMÁTICO DE VAZAMENTO DE AÇO NA SAÍDA DOS MOLDES NAS MLC's 1, 2 e 3 DA ARCELORMITTAL TUBARAO\*

Alexandre Aparecida Morais<sup>1</sup>

Rogério Luiz Fracalossi<sup>2</sup>

Reinaldo de Arruda<sup>3</sup>

### Resumo

O rompimento de pele (*breakout*) é considerado uma das anomalias mais danosas ao processo de lingotamento contínuo de placas de aço. Esta ocorrência, além dos riscos de segurança durante a limpeza do aço derramado, resulta em pesadas perdas de produção e danos aos equipamentos. Estima-se que o custo potencial de um rompimento de média intensidade possa atingir a cifra de US\$270.000,00, considerando a perda potencial de produção, o custo de reprocessamento do material e a recomposição dos equipamentos como segmentos, moldes, etc. Portanto, tão importante quanto evitar o *breakout* é também reduzir as suas consequências.

Dentro deste contexto visando mitigar os danos de um rompimento quando o vazamento não é imediatamente reconhecido, desenvolveu-se um sistema pneumático de detecção de vazamento na saída do molde, envolvendo os edge e foot rolls. Basicamente, o sistema é um circuito fechado constituído de tubos de pequeno diametro com gás nitrogenio pressurizado. Se ocorrer um vazamento de aço, este funde o tubo (provocando perda de pressão ou excesso de vazão) ativando o sistema de alarme de indicação de vazamento, que fecha automaticamente a válvula gaveta do distribuidor para o veio e coloca a placa em extração. Atualmente todos os moldes da ArcelorMittal Tubarão possuem este sistema visando mitigar as consequências de um vazamento.

**Palavras-chave:** Rompimento de pele; Lingotamento contínuo de placas de aço.

### IMPLEMENTATION OF BREAKOUT DETECTION ALARM SYSTEMS AT ARCELORMITTAL TUBARÃO – CCM's 1, 2 and 3

#### Abstract

The breakout is considered one of major problems in Continuous Casting Process of Slabs. This occurrence, besides the safety issues during the cleaning of steel spread into machine, strongly implies in production loss and equipment damage. The average cost of a breakout occurrence is estimated in US\$270 K, considering the losses of production, yield and steel reprocessing and equipment repair. Thus, as important as avoid breakout occurrence is to minimize its consequences. Aiming to mitigate a Breakout consequence, when it is not immediately detected, it was developed a pneumatic detection system involving edge and foot rolls. The System is consisted of a close circuit of narrow tubes with pressurized nitrogen. When the breakout occurs, the liquid steel melts the tubes resulting in an increase in nitrogen pressure (or a decrease in nitrogen flow) activating the breakout alarm system, which closes the slab gate of the reoffered strand and start extraction procedure. Currently, all the molds used in ArcelorMittal Tubarão have the mentioned Breakout Detection System.

**Keywords:** Breakout; Continuous casting of steel slabs.

<sup>1</sup> Físico, Mestre em Engenharia de Materiais, Lingotamento Contínuo da ArcelorMittal Tubarão, Membro da ABM, Vitória, ES, Brasil. E-mail: alexandre.aparecida@arcelormittal.com.br.

<sup>2</sup> Engenheiro Elétrico da Área de Lingotamento Contínuo da ArcelorMittal Tubarão, ES, Brasil. E-mail: rogerio.fracalossi@arcelormittal.com.br.

<sup>3</sup> Engenheiro Mecânico da Área de Lingotamento Contínuo da ArcelorMittal Tubarão, Vitória, ES, Brasil. E-mail: reinaldo.arruda@arcelormittal.com.br.

## 1 INTRODUÇÃO

Nas atuais máquinas de lingotamento contínuo de placas apesar dos rigorosos controles de temperatura, resfriamento, velocidade, ainda não foi possível extinguir definitivamente o rompimento de pele (*breakout*). Este ainda representa um grande desafio para a garantia da estabilidade operacional (Morais – Nascimento – 2010).

Tão importante quanto evitar o *breakout* no Lingotamento Contínuo de Placas, é, se o mesmo ocorrer, reduzir as suas consequências. Portanto, a atuação imediata para estancar um vazamento reduz significativamente os seus danos. Dependendo da massa de aço vazada os danos podem levar a longas interrupções de produção e elevadas perdas. Neste sentido inúmeros esforços de desenvolvimento de ações que possam identificar e atuar rapidamente para reduzir um vazamento tem sido estudados e testados. Dentre estes desenvolvimentos destacam-se dois tipos de detecção que vem se aprimorando ao longo do tempo. Os detectores de vazamento pneumático e os óticos. Ambos possuem vantagens e desvantagens e o seu desenvolvimento deve ser adaptado a cada tipo de máquina de lingotamento.

O princípio de funcionamento destes mecanismos, basicamente, consiste na detecção do vazamento de uma porção pequena de aço do molde antes que ocorra a queda do nível de aço e esta seja percebida pelo sistema de controle de nível de aço do molde e/ou pelo operador de veio. Resumidamente, os detectores de vazamento óticos (camera) carecem para identificarem o vazamento de um soft de tratamento de imagem e os do tipo tubo pneumático identificam o vazamento quando o circuito fechado de gás pressurizado, que passa pelos tubos na saída do molde, é interrompido pela fusão de uma região do tubo por uma porção de aço vazado.

A ArcelorMittal Tubarão por trabalhar com grandes dimensões de placas, cuja consequência de um *breakout* pode derramar uma considerável massa de aço sobre os rolos dos segmentos, optou por desenvolver a detecção pneumática pelo circuito fechado de tubos com gás pressurizado, conforme esquema da Figura 1 abaixo. A partir de designs provenientes de uma usina do grupo ArcelorMittal na América do Norte e de outro conglomerado na Europa, desenvolveu a detecção pneumática para os seus moldes e condições de processo.

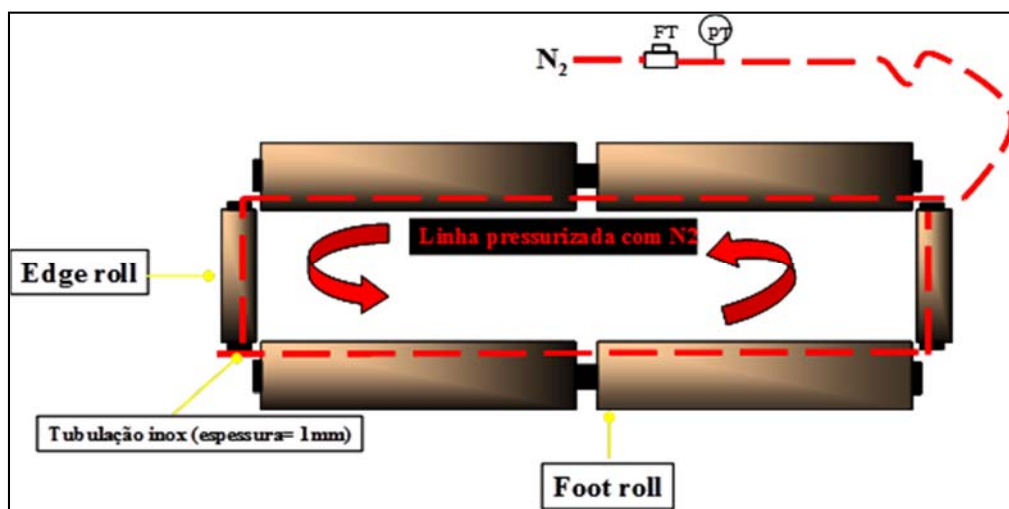


Figura 1. Esquema de Detecção Pneumático – Fonte: AMT

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento do trabalho estendeu-se por aproximadamente 4,5 anos até contemplar todos os moldes das três máquinas de lingotamento contínuo de Tubarão.

As fases de desenvolvimento e implantação são sumariamente apresentadas abaixo.

- 2.1 - Estudo da viabilidade técnica deste tipo de dispositivo
- 2.2 - Especificações de componentes, lay out, utilidades e testes.
- 2.3 - Definições de critérios de controle e ações operacionais

### 2.1 - Estudo da viabilidade técnica deste tipo de dispositivo

A partir da fundamentação pela metodologia Six Sigma – Dimac (Werkema - 2004), estudou-se inicialmente como estava a detecção do vazamento e atuação efetiva sobre o mesmo. No caso de Tubarão o controle de fluxo de aço do distribuidor para o molde é feito por um sistema de válvula gaveta e o controle do nível de aço no molde é realizado por um sensor de corrente parasita modelo NKK. Tomou-se como referencia a real queda inicial do nível de aço no molde percebida pelo sistema de controle automático de nível de aço no molde e o momento do fechamento da gaveta seja pelo próprio sistema (em função do alarme de perda total do nível) ou pela percepção visual do Operador de Veio. Esta avaliação detectou que a atuação efetiva de fechamento do fluxo de aço do distribuidor para o molde, em média, ocorria 15 segundos após iniciar um vazamento. Ver gráfico da Figura 2 abaixo.



**Figura 2.** Tempo de vazamento x tempo de estancagem – Fonte: AMT

A média de tempo encontrado para estancar o vazamento no caso de Tubarão que possui moldes de 900 mm de altura e trabalha com uma área média no molde (largura x espessura) de 345000 mm<sup>2</sup> pode representar em função da velocidade uma massa de aço vazado de 0,8 até 4,0 toneladas. Tais valores podem comprometer significativamente o equipamento (primeiros segmentos) e

consequentemente elevar o tempo de parada de produção da máquina. Em casos extremos observou-se que o vazamento, por ser pequeno, iniciou três minutos antes da percepção operacional e a detecção do controle de nível de aço no molde, conforme pode ser observado na Figura 3 abaixo.

O desenvolvimento foi justificado a partir deste levantamento.

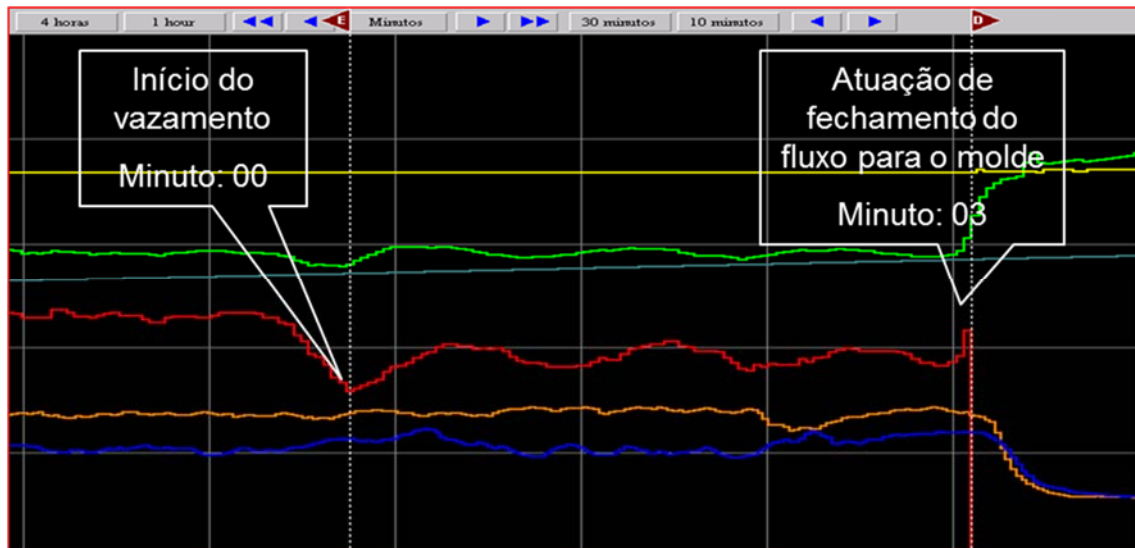


Figura 3. Início do vazamento x início da atuação efetiva – Fonte: AM

## 2.2 - Especificações de componentes, *lay out*, utilidades e testes

O bom funcionamento do sistema pneumático de detecção está na sua configuração de material e *lay out*, já que deve identificar o vazamento em função da fusão da tubulação, mas esta não deve impactar e nem ser impactada pela extração normal da placa. Tomando como referencia a experiência da Usina de Indiana Habor (Rich Gass – 2008) do grupo ArcelorMittal foram estudados e testados tipos e bitolas de tubos que melhor se adaptassem às condições de trabalho da ArcelorMittal Tubarão. Durante este estudo foram testados diferentes materiais de tubulação e arranjos (*lay outs*) de fixação. Foram avaliados tubos de alumínio, aço carbono e aço inoxidável. É importante ressaltar que cada máquina de lingotamento contínuo de Tubarão possui moldes com configurações e designs diferentes. Após vários testes definiu-se pelo uso de uma tubulação de aço inoxidável AISI 316 com uma bitola de 6 a 8 mm externo e 0,7 mm de parede interna.

A definição do *lay out* de instalação da tubulação contornando os *edge* e *foot rolls* também exigiu vários testes para chegar a uma distancia em que não interferisse na extração normal da placa e que ocorrendo um vazamento este atingisse e fundisse o tubo.

Resumidamente, as tubulações expostas ao vazamento do metal líquido que contornam os *edge* e *foot rolls* devem localizar-se a uma distancia entre 50 a 150 mm da superfície do placão em extração. A cada 200 a 500 mm de tubulação esta deve ser ancorada com abraçadeiras para impedir empeno (dilatação) e vibrações excessivas que podem desencadear em alarmes falsos. Também é importante garantir que o caminho por onde passa a tubulação não seja alvo de colisões durante as manutenções, montagens e desmontagens dos moldes. A soldagem das conexões é importante para que sejam evitados vazamentos que induzam a alarmes falsos. Externamente a interligação entre cada tubo é realizada através de

mangueiras flexíveis para permitir a fácil montagem e remoção de componentes do molde. Estas mangueiras são conectadas por meio de encaixe de rosca e engate rápido tipo macho-fêmea, dependendo da posição.

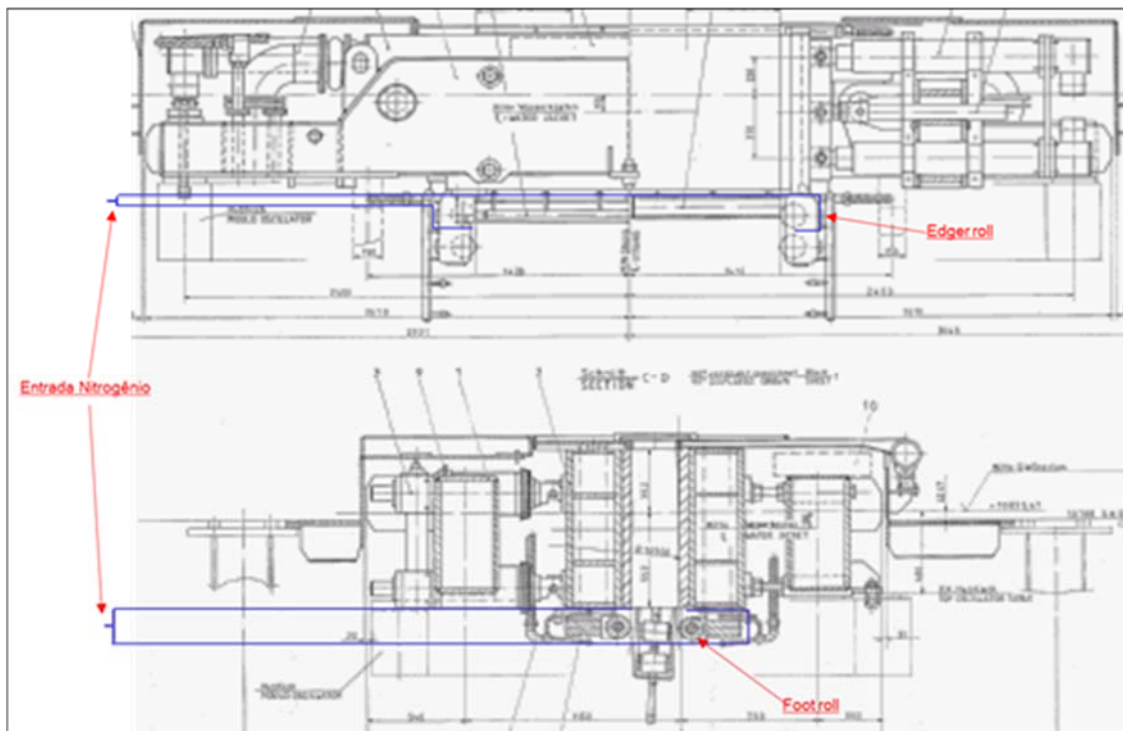
Após a instalação na área de Oficinas de Moldes e Segmentos o conjunto deve ser exaustivamente testado (pressurizado) para a detecção de vazamentos. A pressão do sistema não deve perder mais de 60 psi em 60 minutos para passar no teste.

O conjunto completo para montagem possui como componentes básicos, além da tubulação, os medidores e transmissores de pressão e vazão e as conexões eletroeletrônicas.

Os instrumentos de controle conectados ao PLC foram posicionados externamente a câmara de resfriamento. A configuração dos *log* de alarmes foi definida a partir da capacidade mecânica do equipamento, buscando equilibrar a eficiência do sistema e uma menor geração de alarmes falsos.

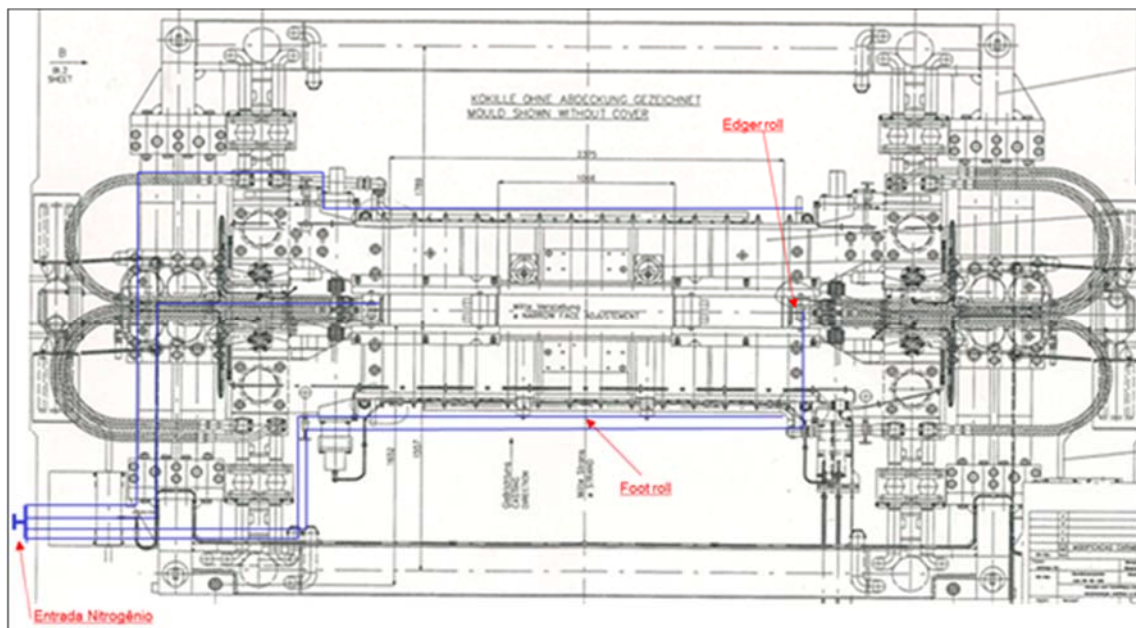
Outra definição importante foi o gás a ser utilizado. Em função da baixa variabilidade a opção foi pelo nitrogênio, cuja estabilidade é garantida pela fabricação na própria planta.

A configuração básica do sistema com algumas fotos locais são mostradas na sequência das Figuras 4, 5 e 6.

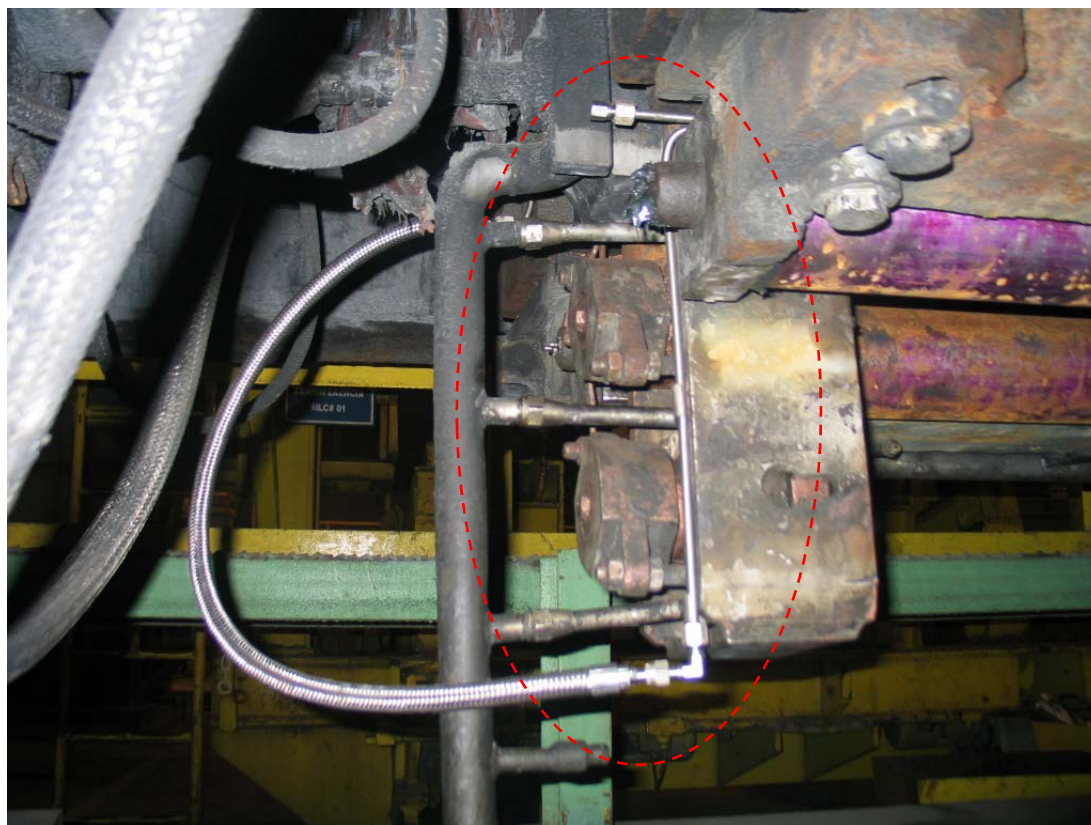


**Figura 4.** Vista lateral da configuração de montagem da tubulação

Fonte: AMT



**Figura 5.** Vista superior da configuração de montagem da tubulação  
Fonte: AMT



**Figura 6.** Tubulação na região dos *edge rolls* - Fonte: AMT

Não havendo nenhum dano ao sistema o mesmo pode ser reaproveitado a cada manutenção, evidentemente refazendo-se os testes.

O custo total de implantação para as três máquinas de lingotamento contínuo de placas de Tubarão ficou aproximadamente R\$200.000,00.

## 2.3 - Definições de critérios de controle e ações operacionais

Após a realização de exaustivos testes para definição da capacidade do sistema, foram definidos os parâmetros técnicos e operacionais de controle e funcionamento, que seguem resumidamente o roteiro a seguir.

Liberado o molde para o processo de lingotamento entram em vigor as condições de controle pela vazão e pressão definidas para o sistema. Basicamente, ampara-se em duas condições de alarmes apresentadas em telas específicas. Ver Figura 7.

O primeiro denominado de “pré-alarمة” avalia se existem vazamentos provocados pelo próprio desgaste do sistema, ou seja, anomalias do próprio sistema. Os parâmetros atuais deste estão definidos para uma pressão < 1,2 bar ou uma vazão > 5 NI/min. Neste caso uma parada de máquina é programada para manutenção do sistema. Ver ilustração na Figura 8.

O segundo é denominado “alarme de vazamento” cuja função é interromper imediatamente o fluxo de aço líquido do distribuidor para o molde e iniciar o processo de extração emergencial da placa devido a vazamento. O “set” deste ocorre para uma vazão > 15 NI/min ou uma pressão < 0,9 bar. Ver Figura 9.

A operacionalização deste segundo alarme (“alarme de vazamento”) deu-se em duas fases distintas. A primeira, a partir da ativação, a operação manualmente tomava todas as contramedidas pertinentes como: fechamento válvula gaveta interrompendo o fluxo de aço do distribuidor para o molde e a extração emergencial da placa. Na segunda fase todo o processo foi automatizado, ou seja, a partir da ativação do “alarme de vazamento” desencadeia-se o que é denominado “rotina do breakout”, com todas as ações realizadas automaticamente pelo Controle de Nível 1 da máquina.

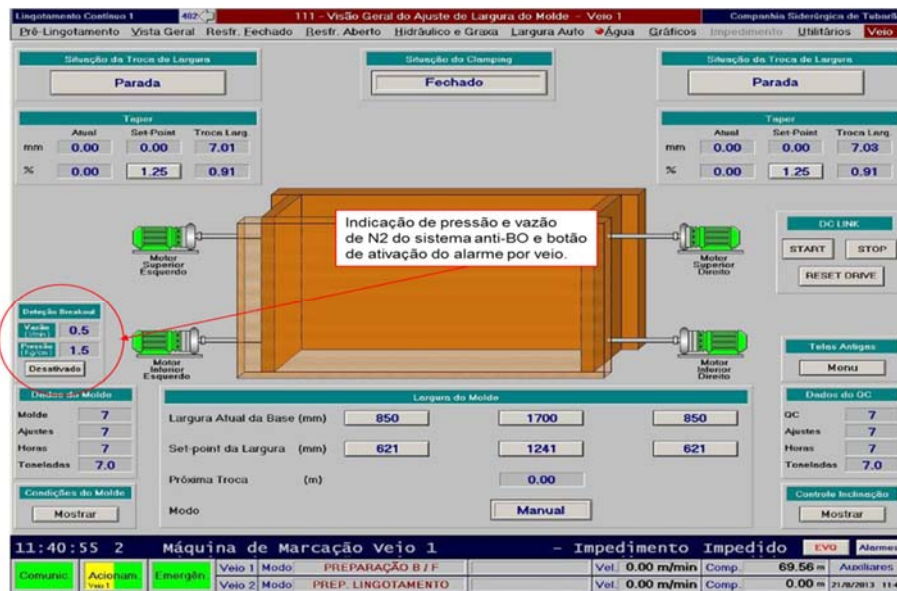


Figura 7. Tela de indicação dos parâmetros para os alarmes Fonte: AMT



Figura 8. Tela de indicação Pré-alarme – anomalias no próprio sistema  
 Fonte: AMT



Figura 9. Tela de detecção e indicação de “alarme de vazamento”. Fonte: AMT

Na configuração automatizada ao ocorrer o “set” do “alarme de vazamento” fecha-se a gaveta de controle do fluxo de aço líquido do distribuidor para o molde, coloca a placa do respectivo veio em extração emergencial (breakout) com controle de

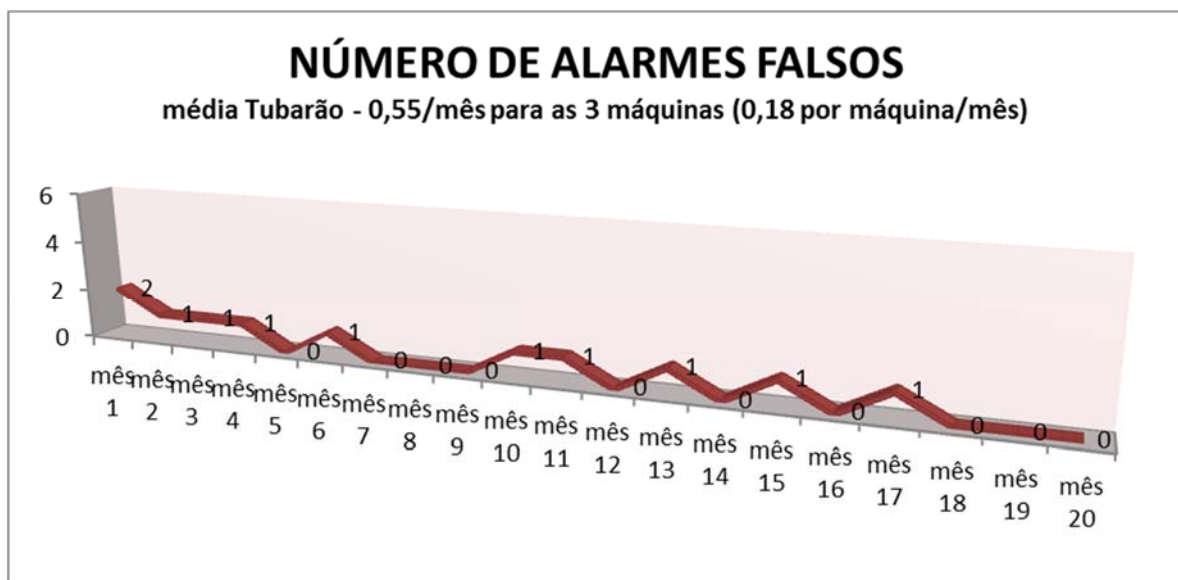


refrigeração específico para esta condição. Apresenta-se a seguir os resultados com a instalação deste sistema.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um dos índices de controle deste tipo de sistema é o número de “alarmes falsos”. Considera-se “alarme falso” quando o sistema ativa o “alarme de vazamento” e conseqüentemente promove a parada da máquina. Ao ser realizada a inspeção na placa verifica-se que não houve vazamento e sim uma anomalia no sistema, como por exemplo, um vazamento em uma conexão ou solda da tubulação. Após aproximadamente 20 meses em funcionamento ininterrupto o sistema de detecção pneumática de vazamento no modo automatizado nas máquinas de lingotamento contínuo apresenta resultados expressivos.

O número de alarmes falsos é muito baixo se comparado aos padrões de referência de outras empresas que utilizam este sistema. A média destas é de 4 paradas por máquina por mês devido a alarmes falsos. A média de Tubarão é de uma parada a cada dois meses para 3 máquinas, ou seja, por uma máquina seria 1 parada a cada 4 meses. O gráfico da Figura 10 mostra a incidência de alarmes falsos.



**Figura 10.** Incidência de alarmes falsos. Fonte: AMT

Outro aspecto importante é o ganho já detectado em aproximadamente quatro atuações reais do sistema. As duas primeiras, ainda em modo manual de operação, permitiram ao Operador de Veio atuar diante de uma pequena sangria, que fundiu o tubo. Os intervalos das paradas ocorridas foram reduzidos (tomando como referência tempos anteriores) em função do fechamento da gaveta que reduziu a intensidade do vazamento.

Nas duas últimas já com atuação automática do sistema, foi verificado que o mesmo atuou quando o vazamento ainda não havia sido percebido pelo sistema de controle do nível de aço no molde. Na última, conforme o gráfico de simulação mostrado na Figura 11 abaixo se estima que a rotina do detector pneumático tenha atuado no mínimo com 20 segundos de antecedência.



**Figura 11** – Simulação da atuação automática do detector pneumático  
Fonte: AMT

#### 4 CONCLUSÃO

Embasado nas análises realizadas os resultados apurados desde a instalação do sistema são muito positivos. Verificou-se que apesar do tempo de desenvolvimento necessário e as adaptações específicas para cada máquina, em função do tipo de molde, o mesmo tem mostrado que é eficiente na mitigação da intensidade de um vazamento.

Em relação ao capital investido (aproximadamente R\$200.000,00), verificou-se que o mesmo foi plenamente compensado na primeira atuação do sistema, ainda em modo manual.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem a todos que contribuíram direta e indiretamente na elaboração deste trabalho, em especial às equipes de manutenção eletromecânica.

#### REFERÊNCIAS

- 1 MORAIS, A.A., NASCIMENTO, A.D., Seminário Interno ArcelorMittal Tubarão – Novembro 2010.
- 2 GASS, R., Breakout Detection Alarm Systems at Indiana Harbor - #2 Steel Production and #4 Steel Production – Janeiro 2008.
- 3 WERKEMA, C., Criando a Cultura Seis Sigma. Nova Lima, Minas Gerais: 2004.