

# MELHORIAS NA ÁREA DE CORRIDAS PARA PROLONGAMENTO DA CAMPANHA DO ALTO-FORNO 1 DA GERDAU AÇOMINAS <sup>1</sup>

*Tiago Falco Carneiro*<sup>2</sup>  
*Geraldo Paulo Barbosa Silva*<sup>3</sup>  
*Jorge Luiz Baêta*<sup>4</sup>  
*Luiz Eustáquio da Silva*<sup>5</sup>  
*Ramon Moreira Lemos*<sup>6</sup>  
*Marcos Vinícius de Paula*<sup>7</sup>  
*Marcelo Alves de Carvalho*<sup>8</sup>

## **Resumo**

No ano de 2006, houve uma evolução significativa dos parâmetros da Área de Corridas do Alto-forno 1 da Gerdau Açominas, após a substituição das perfuratrizes pneumáticas por hidráulicas e a implantação de novas práticas operacionais na área. Até abril de 2004, todas as quatro perfuratrizes da Área de Corridas tinham o sistema de acionamento pneumático. Em maio e junho, o sistema pneumático das perfuratrizes dos furos de gusa 1 e 3 foi substituído por um sistema hidráulico, porém os resultados obtidos não foram os esperados. Sendo assim, em novembro do mesmo ano foi traçado um plano de ações visando a melhoria dos parâmetros da área. Este plano contemplou principalmente a implantação de novas práticas operacionais. Os resultados positivos surgiram imediatamente nos furos de gusa 1 e 3. Em julho de 2005 foi iniciado o projeto para a aquisição de novas perfuratrizes hidráulicas para os furos de gusa 2 e 4, que entraram em operação no final do mesmo ano. Houve uma evolução significativa dos parâmetros acompanhados, principalmente do comprimento dos furos de gusa.

**Palavras-chave:** Alto-forno; Área de corridas; Furo de gusa; Perfuratriz.

## **CAST HOUSE IMPROVEMENTS TO EXTEND THE BLAST FURNACE 1 CAMPAIGN AT THE GERDAU AÇOMINAS PLANT**

### **Abstract**

In 2006, the Cast House parameters of Blast furnace 1 had a significant improvement, after the replacement of the pneumatic for hydraulic drillers and the development of new operating practices. Until April 2004, all four drillers worked with pneumatic system. In May and June, the pneumatic drillers of the tapholes 1 and 3 were replaced by hydraulic drillers, however the target results had not been as good as expected. Thus, in November an action plan was developed aiming an increase of the hydraulic drillers' performance. This plan mainly contemplated the implementation of new operating practices. The good results were reached immediately. In July 2005 the project for the new hydraulic drillers for the tapholes 2 and 4 was initiated, and they started up in the end of the year. The parameters had a significant improvement, mainly the taphole length.

**Key words:** Blast furnace; Cast house; Taphole; Driller.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao XXXVII Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 18 a 21 de setembro de 2007, Salvador - BA, Brasil.*

<sup>2</sup> *Engenheiro Metalurgista, Área de Desenvolvimento Técnico da Redução*

<sup>3</sup> *Técnico em Metalurgia, Facilitador da Célula da Área de Corridas do Alto-forno 1*

<sup>4</sup> *Técnico em Metalurgia, Facilitador da Célula de Operação do Alto-forno 1*

<sup>5</sup> *Técnico em Mecânica, Gerência de Manutenção da Redução*

<sup>6</sup> *Engenheiro Eletricista, Gerência de Manutenção da Redução*

<sup>7</sup> *Gerente de Alto-forno*

<sup>8</sup> *Chefe da Área Técnica da Redução*

# 1 INTRODUÇÃO

O Alto-forno produz gusa e escória continuamente, que devem ser retirados do cadinho através do vazamento dos furos de gusa. O Alto-forno 1 da Gerdau Açominas possui quatro furos de gusa. As máquinas que fazem o vazamento são as perfuratrizes, que devem ter um elevado índice de disponibilidade. Portanto, através da operação de vazamento dos furos de gusa é que se dá o esgotamento do cadinho, e um bom esgotamento significa uma operação estável do Alto-forno.

Em meados de 2004, entraram em operação as perfuratrizes com sistema de acionamento hidráulico, em substituição ao pneumático, nos furos de gusa 1 e 3, visando um aumento da disponibilidade dos equipamentos, a melhora dos parâmetros da Área de Corridas, principalmente do comprimento dos furos de gusa e do índice de aberturas na trinca, e conseqüentemente o prolongamento da campanha do Alto-forno 1.

Estas melhorias não vieram apenas com a implantação destas perfuratrizes, e em novembro do mesmo ano, um plano de ações traçado pela equipe da Área de Corridas foi colocado em prática. Os bons resultados surgiram imediatamente naqueles furos que contavam com as perfuratrizes hidráulicas. Por isso, foi decidido substituir também as perfuratrizes pneumáticas dos furos de gusa 2 e 4 por hidráulicas, que entraram em operação no final do ano de 2005.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Vazamento dos Furos de Gusa

É uma das operações mais importantes do Alto-forno. O esgotamento do cadinho depende diretamente desta, e conseqüentemente a estabilidade operacional do Alto-forno. Um mau esgotamento pode causar diversas reações no processo, e o pior cenário seria o entupimento das ventaneiras, o que causaria uma grande parada do Alto-forno, além de significar um grande risco à segurança dos operadores. Devido a isso, deve-se buscar sempre uma boa operação de vazamento dos furos de gusa.

Além da disponibilidade das perfuratrizes, outros fatores são importantes na operação de vazamento, tais como a qualidade e o tipo da broca utilizada e sua refrigeração. Um bom vazamento do furo de gusa significa um vazamento sem trinca e com o comprimento dentro da faixa especificada (3.000mm ~ 3.200mm), que cause um bom esgotamento do cadinho, que é o objetivo final desta operação. A Figura 1 mostra o momento exato de vazamento de um furo de gusa.

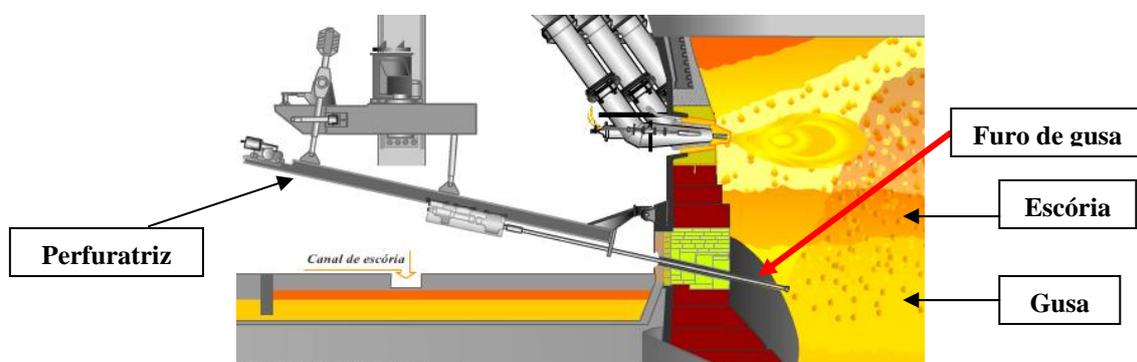


Figura 1. Vazamento do furo de gusa

## **2.2 Perfuratriz com Sistema de Acionamento Hidráulico**

Os objetivos principais da substituição das perfuratrizes com acionamento pneumático por hidráulico foram os seguintes:

- aumento do comprimento dos furos de gusa;
- redução do índice de aberturas na trinca;
- maior disponibilidade dos equipamentos para operação;
- menor índice de intervenções por parte da manutenção mecânica;
- redução do nível de ruído durante as aberturas;
- aumento da vida útil do cadinho, conseqüentemente da campanha do Alto-forno.

As marretas das perfuratrizes hidráulicas trabalham com uma freqüência maior de impactos no cogumelo, porém a amplitude dos impactos é menor, e isso possibilita um vazamento mais suave do furo de gusa.

Além disso, o menor número de componentes mecânicos e o menor índice de intervenções por parte da equipe da manutenção mecânica possibilitam uma maior disponibilidade das perfuratrizes hidráulicas.

Mais importante, visando a segurança dos operadores, a operação das perfuratrizes hidráulicas gera menos ruído e diminui a necessidade de abertura do furo de gusa com auxílio de tubos de oxigênio.

## **2.3 Implantação de Novas Práticas Operacionais na Área de Corridas**

Como foi dito anteriormente, a implantação das perfuratrizes hidráulicas 1 e 3 não atingiu os resultados esperados. Para isso acontecer, foi necessário traçar um plano de ação que visava justificar os investimentos nestas máquinas.

Este plano de ação, traçado em conjunto pela equipe da Área de Corridas, pelo fornecedor da massa de tamponamento e pelo fornecedor da perfuratriz hidráulica, contemplou várias modificações em práticas operacionais e em ferramentas utilizadas para o vazamento dos furos de gusa, tanto naqueles que já contavam com as perfuratrizes hidráulicas, quanto nos que contavam com as pneumáticas.

Estas modificações estão relacionadas a seguir.

### **2.3.1 Brocas**

As hastes e as brocas utilizadas para o vazamento dos furos de gusa eram adquiridas separadamente, e soldadas na própria oficina do Alto-forno.

Através do plano de ação, a equipe da Área de Corridas decidiu adquirir de fornecedores as hastes já totalmente montadas. A diferença é que estas hastes já montadas sofrem um tratamento térmico na solda, que absorve melhor os impactos durante a operação. Isto reduz a possibilidade de formação de trincas no cogumelo.

Alguns meses depois, foram feitos testes utilizando brocas montadas na oficina do Alto-forno (como era feito antigamente), e os resultados de comprimento dos furos de gusa e de índice de aberturas na trinca pioraram, o que confirmou a melhor operação com as hastes adquiridas totalmente montadas.

### **2.3.2 Procedimento operacional para entrada em operação dos furos de gusa**

Foi implantado um novo procedimento para que o furo de gusa entre em operação com um melhor comprimento e soprando menos gás.

Assim, 24 horas antes da entrada do furo de gusa em operação, faz-se o vazamento do mesmo, e imediatamente faz-se a obturação, descarregando o canhão. O mesmo procedimento é repetido 12 horas antes da sua entrada em operação.

### **2.3.3 Procedimento operacional para eliminação de trincas**

Foi implantado também um procedimento para tentar evitar que o furo de gusa tenha a corrida na trinca.

Se o vazamento se der na trinca, obtura-se o furo de gusa imediatamente após a abertura com 130kg de massa, e após 15 minutos faz-se um novo broqueamento.

Este procedimento teve bons resultados, alcançando um índice de 87% em 2006. Bom resultado significa que, após um procedimento de vazamento na trinca, o furo de gusa tenha um vazamento com comprimento “real”.

### **2.3.4 Procedimento operacional para bom vazamento do furo de gusa, após obturação com retorno de massa**

Para tentar evitar que o furo de gusa tenha comprimento baixo, após obturação da corrida anterior com retorno de massa, foi implantado este procedimento.

Se ocorrer retorno de massa na obturação, faz-se broqueamento do furo de gusa, 60 minutos após a obturação, e injeta-se massa imediatamente. Caso esta abertura tenha um comprimento de furo menor ou igual a 3.000mm, injetam-se 320kg de massa. Caso seja maior, injetam-se 200kg.

Como os outros procedimentos, este também teve bons resultados, alcançando um índice de 75% em 2006. Bom resultado significa que, após feito um procedimento de retorno, a próxima corrida tenha um vazamento com comprimento “real” maior ou igual ao da corrida anterior.

### **2.3.5 Procedimento operacional para recuperar o comprimento do furo de gusa**

Quando o furo de gusa tem um comprimento de vazamento de 2.800mm ou 2.900mm em duas corridas consecutivas, ou então quando tem um comprimento menor ou igual a 2.700mm, após 60 minutos da sua obturação tornava-se a vazá-lo, e imediatamente injetam-se 200kg de massa de tamponamento.

### **2.3.6 Proteções para os bicos dos canhões de lama**

O índice de retorno sempre esteve muito alto desde as citadas modificações, e foi o item mais trabalhado durante o ano de 2005 para ser melhorado.

Várias alterações foram feitas nas proteções dos bicos dos canhões, para que elas não queimassem durante o contato com o jato de gusa e assim reduzissem o índice de retorno, mas nenhum êxito foi obtido.

Mas no final do mesmo ano, o fornecedor da massa de tamponamento apresentou uma massa à base de carbono que, ao ser aplicada sobre a proteção, ajuda a proteger a peça contra o jato de gusa. Os índices de retorno de massa caíram drasticamente para menos da metade dos índices anteriores.

A cada obturação era necessário fazer a troca da proteção, ou seja, era utilizada uma proteção por obturação do furo de gusa. Hoje, uma proteção é utilizada para fazer cerca de dez a quinze obturações.

### **2.3.7 Pressão de injeção de massa de tamponamento**

A pressão de injeção da massa de tamponamento nas obturações dos furos de gusa também foi alterada. Hoje, para obturações em situações normais, são usadas duas bombas hidráulicas para operar o canhão de lama, ao invés de três.

Este tipo de operação tem dois objetivos: i) com duas bombas, o canhão gira mais lentamente, o que causa um impacto menor deste na boca do furo de gusa, e isto ajuda a preservar a região da capela. O tempo de giro do canhão com três bombas é de 9s, e com duas, é de 12s. Isto faz com que a proteção do bico do canhão tenha

um tempo de contato maior com o jato de gusa, na operação com duas bombas. Os índices de queimas de proteções eram muito altos, mas com a aplicação da massa citada acima, estes índices foram reduzidos; ii) a velocidade de injeção de massa com duas bombas torna-se mais lenta, fazendo com que a obturação seja mais suave, aumentando a probabilidade de a massa preencher possíveis trincas no cogumelo, e promover uma formação mais compacta do mesmo.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A substituição das perfuratrizes pneumáticas por hidráulicas, aliada à implantação de novas práticas operacionais gerou resultados bastante expressivos para a Área de Corridas, como é mostrado a seguir.

#### 3.1 Comprimento do Furo de Gusa

O comprimento do furo de gusa é um dos principais parâmetros de acompanhamento da Área de Corridas. Ele tem influência direta sobre outros parâmetros, como, por exemplo, a temperatura da parede do cadinho.

O cogumelo formado pela massa de tamponamento é que dá o comprimento do furo de gusa. Este cogumelo tem uma importante função, que é proteger a parede do cadinho na região dos furos de gusa. O comprimento visado está na faixa de 3.000mm a 3.200mm.

A Figura 2 mostra a evolução dos valores médios de comprimento dos furos de gusa.

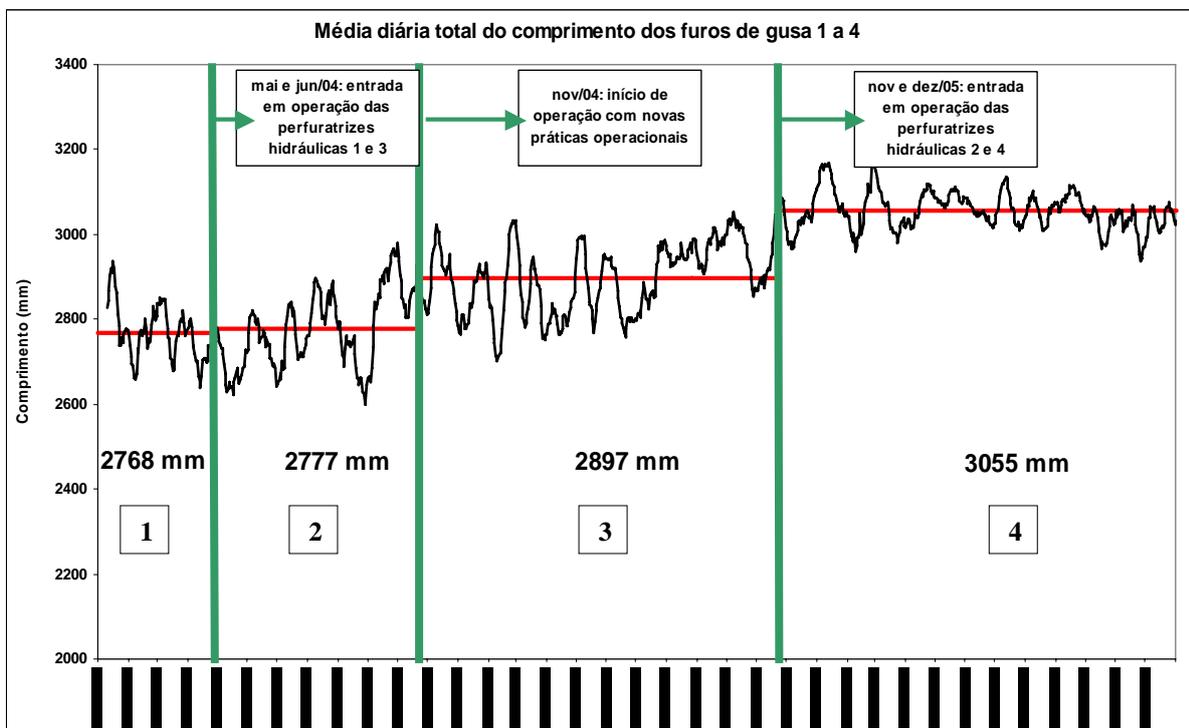


Figura 2. Evolução do comprimento médio dos furos de gusa (jan/04 a dez/06)

Os resultados mostram que não houve melhora do comprimento dos furos de gusa 1 e 3 apenas com a implantação das perfuratrizes hidráulicas (Fase 2). Estes resultados só começaram a melhorar após a implantação de novas práticas

operacionais (Fase 3). As metas só foram alcançadas após a implantação das perfuratrizes hidráulicas 2 e 4 (Fase 4).

### 3.2 Índice de Vazamentos na Trinca

O vazamento na trinca é um dos acontecimentos mais indesejáveis nas práticas da Área de Corridas. A trinca pode acarretar em quebra do cogumelo, e conseqüentemente em aumento da temperatura da parede do cadinho. A Figura 3 mostra a queda no índice de vazamentos na trinca.

Pode-se notar no gráfico que os índices de vazamentos na trinca só caíram significativamente após a implantação das novas práticas operacionais, e após a implantação das perfuratrizes hidráulicas 2 e 4, a ocorrência de trincas se tornou rara, chegando a índices de quase zero em alguns meses.

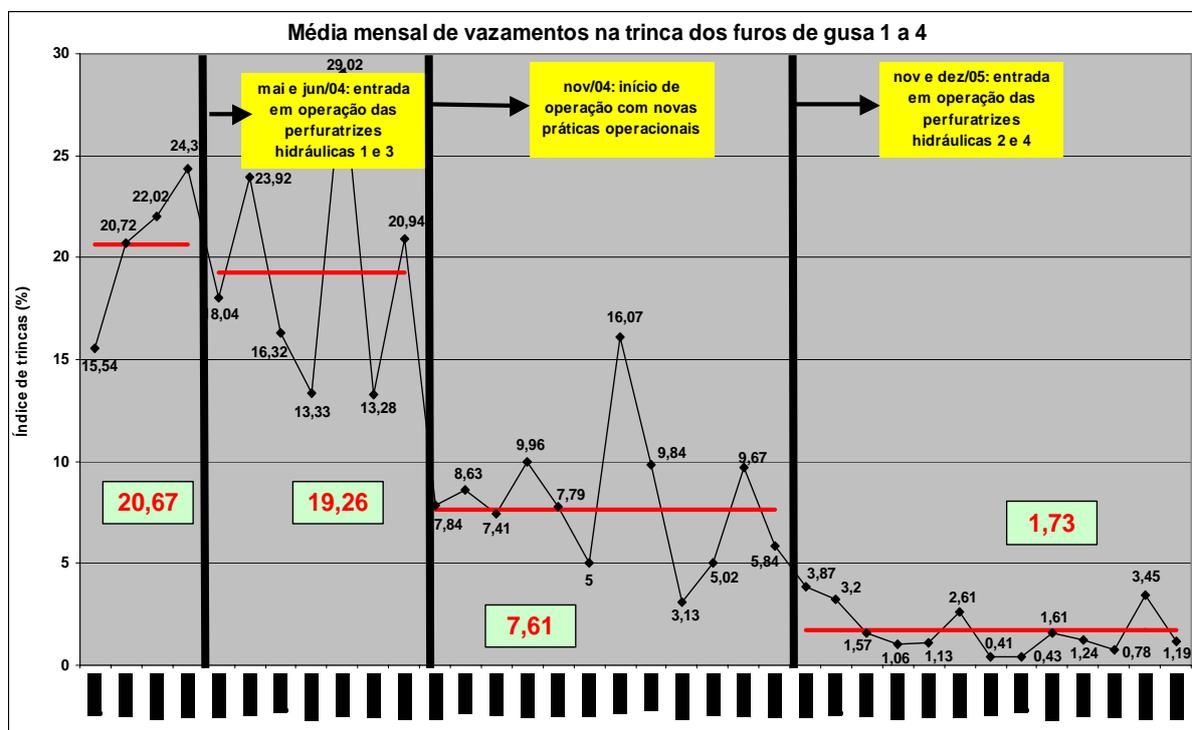
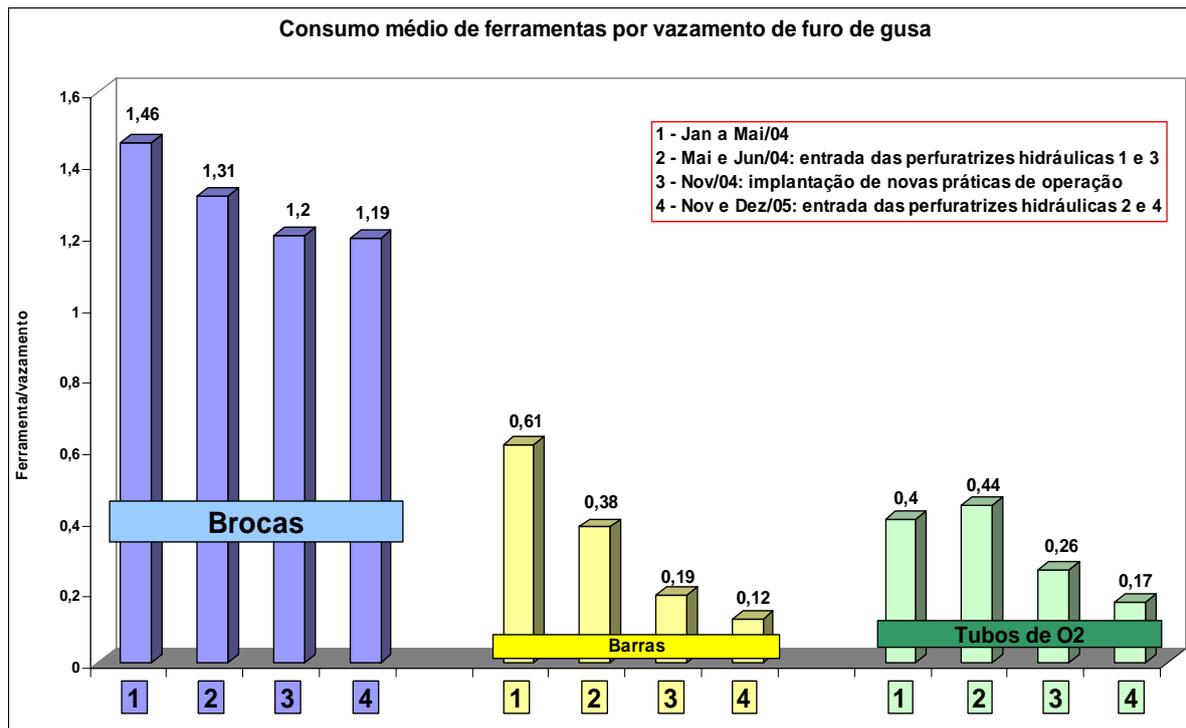


Figura 3. Queda do índice de trincas dos furos de gusa 1 a 4 (jan/04 a dez/06)

### 3.3 Consumo de Ferramentas

As ferramentas usadas para os vazamentos dos furos de gusa representam uma grande parte do custo da Área de Corridas. A Figura 4 apresenta a redução do consumo destas ferramentas.



**Figura 4.** Redução do consumo de ferramentas dos furos de gusa 1 a 4 (jan/04 a dez/06)

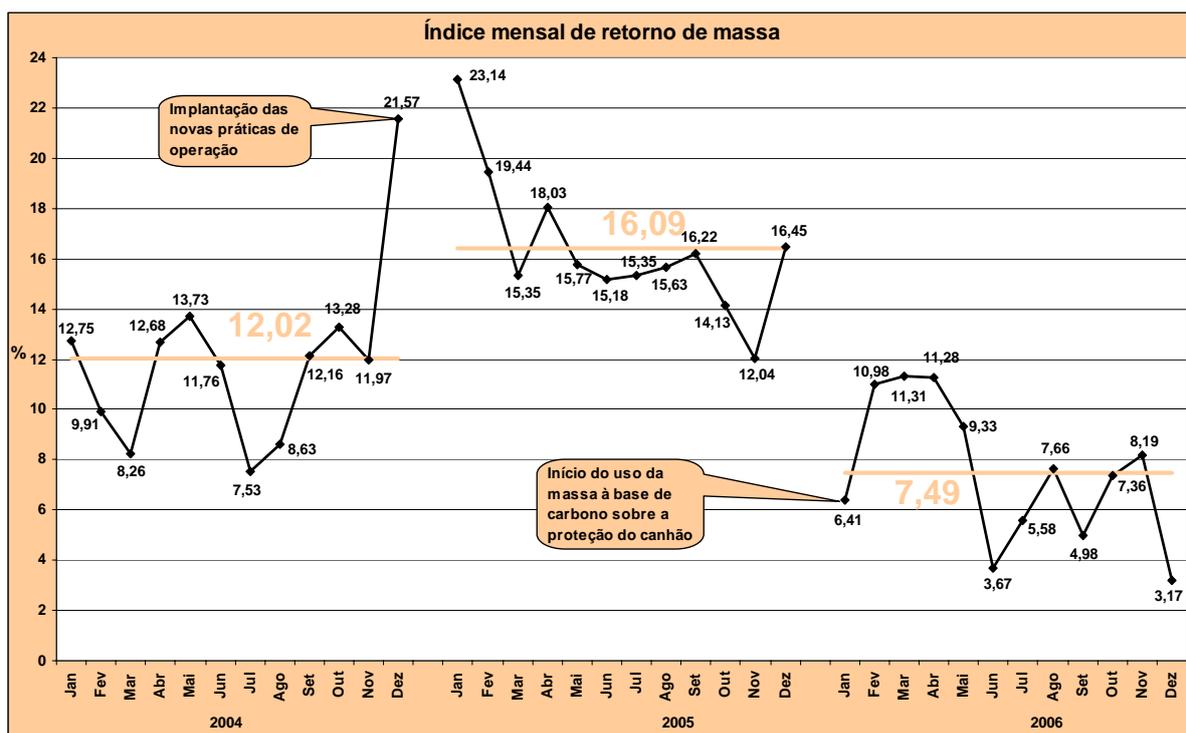
O consumo com ferramentas diminuiu significativamente, mas vale ressaltar que em maio de 2004, juntamente com a entrada em operação do perfurador hidráulico 1, o sistema de refrigeração da broca foi modificado, passando de água de baixa pressão para alta pressão, sempre com o auxílio de nitrogênio.

### 3.4 Índice de Obturações com Retorno de Massa

Havia um elevado índice de obturações com retorno de massa, principalmente devido às queimas das proteções dos bicos dos canhões de lama.

Como se sabe, o retorno de massa se dá quando uma quantidade qualquer de massa de tamponamento, que deveria ser injetada no furo de gusa, “escapa” entre a proteção do bico do canhão e a boca do furo de gusa, caindo assim sobre o canal principal de gusa e escória.

A Figura 5 mostra a queda do índice de retorno para menos da metade, quando se compara os anos de 2005 e 2006.



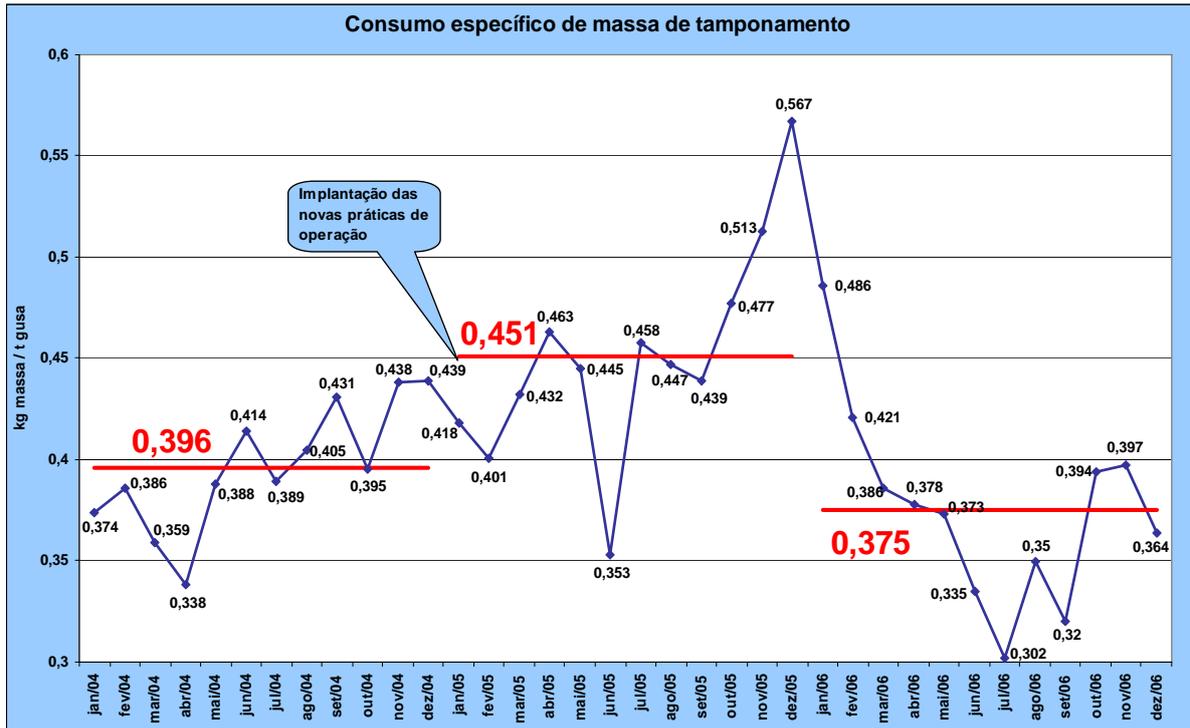
**Figura 5.** Redução do índice de retorno de massa nos furos de gusa 1 a 4 (jan/04 a dez/06)

Em alguns meses de 2004, o índice de retorno foi razoavelmente baixo, tendo subido bastante em dezembro, quando foram implantadas as novas práticas operacionais. A partir daí, tornou-se o principal problema da área. Com o uso da massa à base de carbono sobre a proteção do canhão, este índice voltou a cair, e atingir valores menores que os de 2004.

### 3.5 Consumo Específico de Massa de Tamponamento

Como era de se esperar, com todas estas mudanças e implantação de novas práticas, o consumo específico de massa de tamponamento aumentou bastante, e conseqüentemente o custo com as operações da Área de Corridas.

Após a estabilização dos parâmetros da área o consumo específico teve uma queda razoável. Essa queda se deve principalmente à estabilização do comprimento dos furos de gusa e às quedas dos índices de aberturas na trinca e de retorno de massa. A Figura 6 representa o consumo específico de massa de tamponamento.



**Figura 6.** Redução do consumo de massa de tamponamento nos furos de gusa 1 a 4 (jan/04 a dez/06)

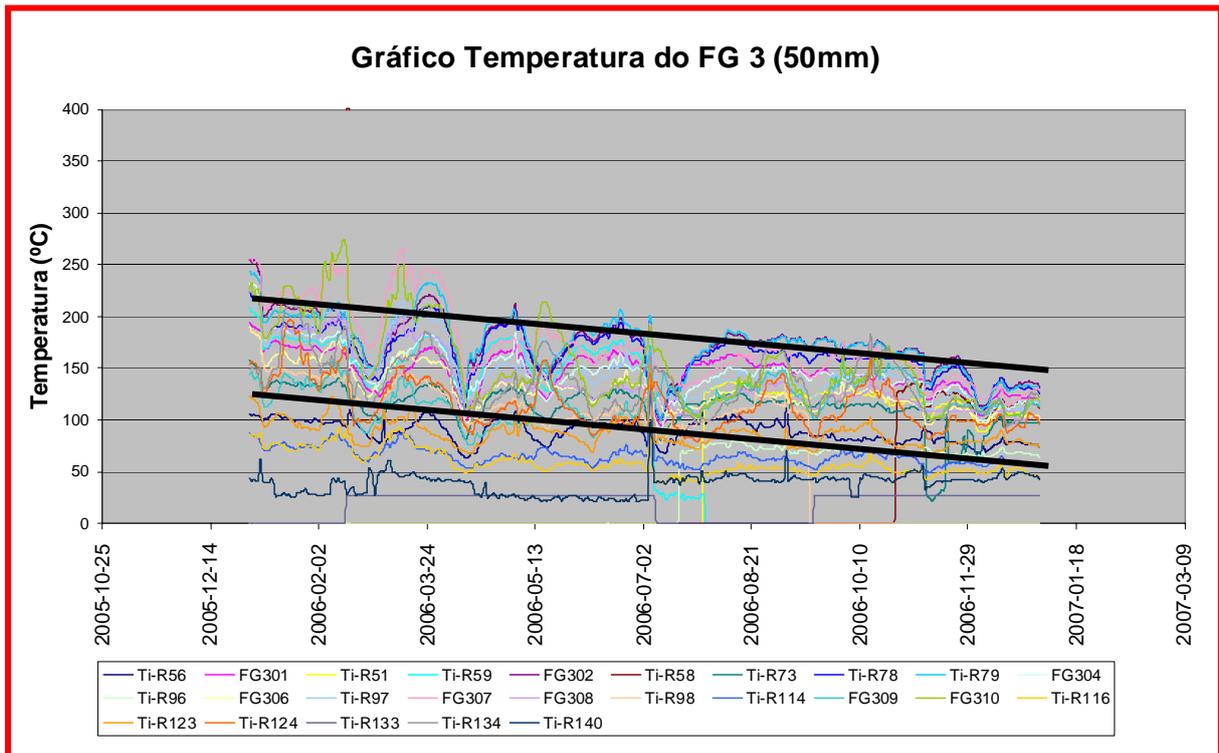
Observa-se que a partir da implantação das novas práticas operacionais, o consumo subiu bastante. Com a estabilização dos parâmetros da área, o consumo teve uma forte queda, e a média de 2006 está abaixo da média de 2004.

### 3.6 Temperatura dos Blocos de Carbono

Com todas as melhorias nos parâmetros de operação da Área de Corridas, um item fundamental que ajuda a indicar o estado em que o cadinho se encontra também melhorou significativamente, que é a temperatura dos blocos de carbono na região dos furos de gusa.

As temperaturas nestas regiões primeiramente se estabilizaram, e depois caíram, o que significa a formação de um cogumelo estável e bem compactado.

Como exemplo, a Figura 7 mostra a evolução da temperatura dos blocos de carbono na região do furo de gusa 3.



**Figura 7.** Queda da temperatura dos blocos de carbono na região do furo de gusa 3 (dez/05 a dez/06)

### 3.7 Segurança

O número menor de vazamentos dos furos de gusa com auxílio de tubos de O<sub>2</sub> ajuda a reduzir o risco de acidentes na Área de Corridas, pois esta é uma das operações mais perigosas da área.

Também, o nível de ruído das perfuratrizes hidráulicas é menor que o das pneumáticas.

A queda do índice de retorno de massa de tamponamento afeta não só no custo, ou na estabilidade do comprimento dos furos de gusa, mas também na segurança dos operadores. A cada retorno de massa, os operadores fazem um reparo na boca do furo de gusa, e esta é uma operação arriscada. A Figura 8 mostra perfeitamente a relação entre índice de retorno de massa e índice de reparos na boca.

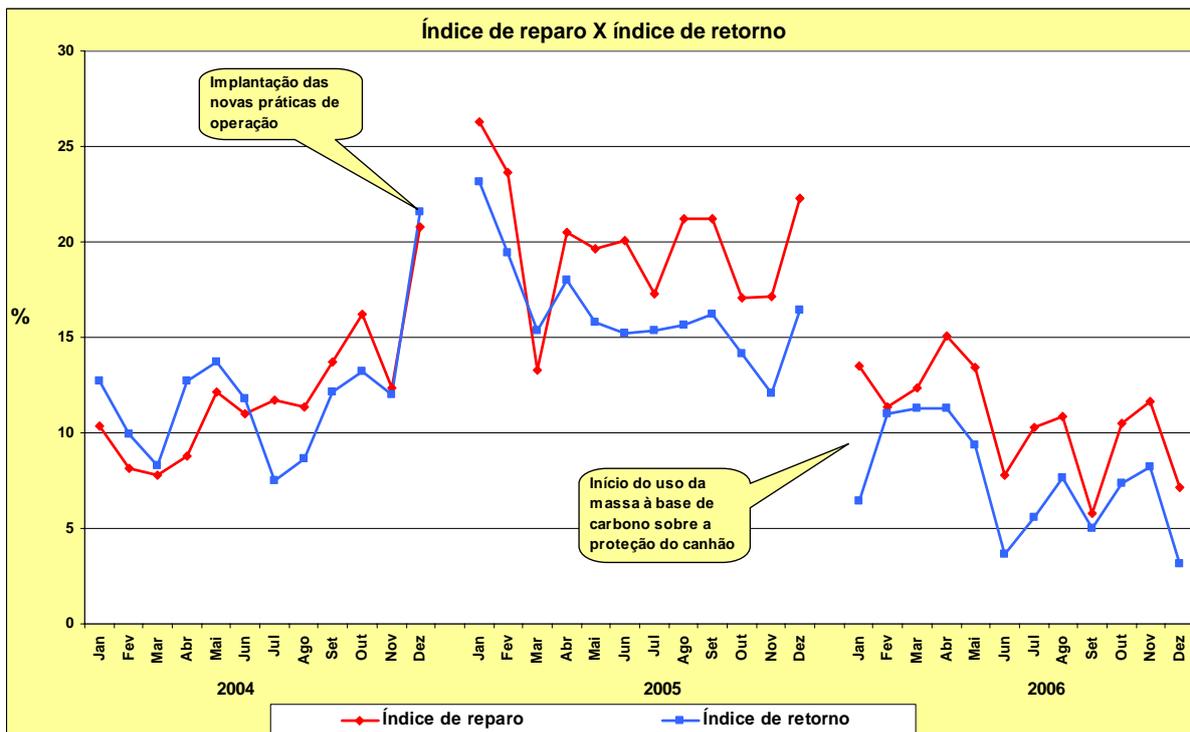


Figura 8. Relação entre índice de reparos na boca e índice de retorno de massa (jan/04 a dez/06)

#### 4 CONCLUSÕES

A operação com perfuratrizes hidráulicas, aliada à implantação de novas práticas operacionais e ao comprometimento com os resultados cada vez maior por parte dos operadores da Área de Corridas, proporcionou grandes melhorias nos furos de gusa, em todos os parâmetros relacionados às operações de vazamento e obturação dos mesmos.

Um dos principais parâmetros acompanhados, que é o comprimento dos furos de gusa, melhorou notavelmente, alcançando os valores desejados que contribuem no esgotamento do cadinho.

Um outro parâmetro que melhorou surpreendentemente foi o índice de vazamentos na trinca. Hoje cada campanha de cada furo de gusa opera com pouca ou nenhuma ocorrência de trincas.

A estabilidade dos parâmetros de operação causa a diminuição de utilização de insumos (ferramentas e massa de tamponamento) gastos na Área de Corridas, o que conseqüentemente causa a redução dos custos com tais insumos.

Um item importante que deve ser abordado está relacionado à segurança dos operadores. Além de ficarem expostos a um nível menor de ruído das perfuratrizes, houve uma diminuição da necessidade de realizarem duas das mais perigosas e desgastantes operações da área, que são a abertura dos furos de gusa com tubos de oxigênio e os reparos nas bocas dos furos de gusa.

Também importante, a estabilidade operacional da Área de Corridas ajuda significativamente na estabilidade operacional do Alto-forno, assim como na preservação e aumento da vida útil do cadinho, prolongando, desta maneira, a campanha do Alto-forno.