

GIRO RÁPIDO PARA OS CANHÕES DE LAMA DO ALTO-FORNO 3 DA CSN¹

*Pedro Coutinho Silveira Souza²
Flávio Lopes Machado da Silva³
Ricardo Sebastião Nadur Motta³
Moacir Alves dos Reis⁴
José Benedito Magalhães⁴
Luís Antônio Duarte Nunes⁵*

Resumo

O Alto-forno 3 da CSN produz cerca de 10.800 t gusa/dia. Ele possui duas casas de corridas com quatro furos de gusa operando em combinação dois-a-dois de modos cruzados e alternados. As máquinas de furar e os canhões de lama são responsáveis por vaziar e fechar os furos de gusa, garantido a regularidade do escoamento do cadinho do Alto-forno 3. A garantia da estabilidade do escoamento das casas de corridas influencia diretamente na produção diária do Alto-forno 3. A velocidade com que o canhão de lama cruza o jato de ferro-gusa influencia na durabilidade dos bicos falsos e intermediários, bem como na disponibilidade do equipamento. Quanto mais rápido for a aproximação do canhão no momento do fechamento do furo de gusa, menor será a chance de queima dos bicos e menor será a probabilidade de danos no canhão com consequente parada de emergência do Alto-forno 3. Para aumentar a velocidade de giro do canhão, foram instalados novos bancos de acumuladores de pressão hidráulica, tubulações e válvulas de carregamento e disparo. Este conjunto proporciona uma maior injeção de volume de óleo no cilindro de giro do canhão, reduzindo o intervalo de tempo do canhão sob o jato de gusa. O desenvolvimento realizado permitiu a redução no tempo de giro da posição de estacionado para a boca de 15 para 8 segundos. Isto proporcionou uma obturação estável do furo de gusa evitando o retorno de massa de tamponamento e garantindo o comprimento do furo de gusa e a redução no consumo de bicos falsos. Porém, o principal ganho do trabalho é a estabilidade do escoamento das casas de corridas.

Palavras-chave: Alto-forno; Casa de corridas; Canhão de lama.

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

² *Engenheiros Especialistas em Alto - forno - flopes@csn.com.br*

³ *Engenheiros de Manutenção Sênior – nadur@csn.com.br*

⁴ *Supervisor de Manutenção Hidráulica -*

⁵ *Técnico Especialista em Alto-forno 3*

1 - Introdução

O Alto-forno 3 da CSN é composto de quatro furos de gusa conforme ilustra a Figura 1, sendo que cada furo é equipado com uma máquina de furar forno que faz a abertura do furo de gusa e um canhão de lama que faz o fechamento do furo de gusa com massa refratária (tamponamento) após o sopro de gás, durante a reforma do forno em 2001 estes equipamentos foram trocados por vida útil esgotada por novos equipamentos da marca VAI-DAVY como ilustra a Figura 2.

Durante os fechamentos dos furos de gusa para ser ter uma boa selagem entre o bico do canhão de lama e o anel do furo de gusa é necessária uma superfície perfeita sem ondulações, trincas ou vazios que não permitam o vazamento de massa para fora do forno (volta de massa), para melhorar este resultado que nos primeiros meses após o “Revamp” do Alto-forno 3, chegou-se a valores mensais de até 50% de volta de massa. O projeto dos refratários das capelas foi alterado visando uma maior resistência mecânica e abrasão, como também criar proteções nos canhões de lama para reduzir a queima de seus componentes metálicos que entram em contato com gusa durante o fechamento.

1.1 – Equipamentos das salas de corridas

A figura 1 a seguir tem-se uma panorama das salas de corridas do alto-forno 3 da CSN. Pode-se visualizar os principais equipamentos tais como os canais de gusa e escória, bem como os canhões de lama e as máquinas de furar forno.

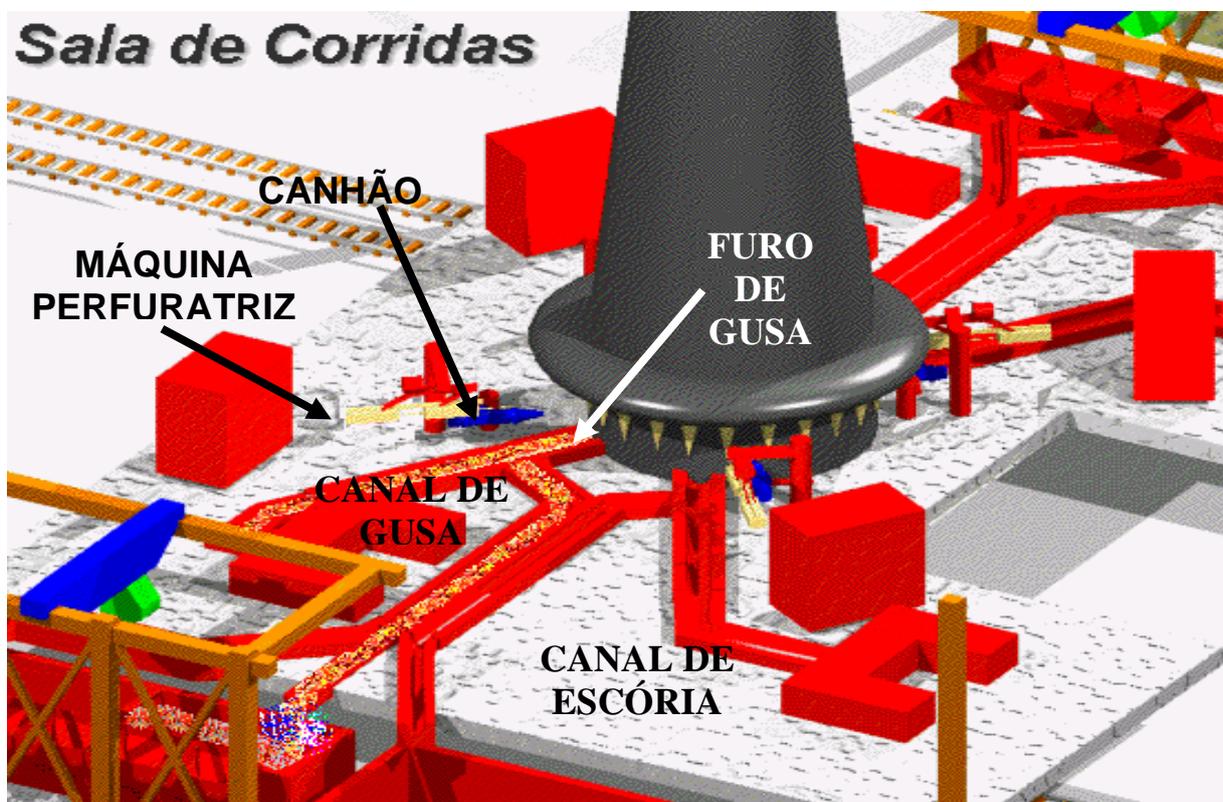


Figura 1- Sala de corridas típica do Alto-forno 3;

1.2 - Bicos Falsos e Intermediários

O Bico falso ou bico de sacrifício destina-se a fazer o contato do canhão com o furo de gusa. Ele possui uma gaxeta para garantir a selagem do canhão com a boca evitando assim a volta de massa.

O Bico intermediário faz a redução do bico cônico para o bico falso. Caso sejam danificados, por segurança do pessoal é necessário reduzir o sopro do forno e conseqüentemente a produção para efetuar a troca destes componentes queimados.



Figura 2- Canhão de lama VAI-DAVY;

2 - Objetivos

Como ilustra a Figura 3, o presente trabalho teve por objetivo reduzir e/ou eliminar as perdas de produção de gusa em toneladas no Alto-forno 3 por não fechamento do furo de gusa. Nesta primeira fase após implantação das melhorias, os resultados de volta de massa apresentaram uma redução em 36%, porém em alguns fechamentos os componentes metálicos do canhão de lama como bico falso e intermediário queimavam mesmo com a proteção isolante, impossibilitando a selagem entre o bico e capela e conseqüentemente o não fechamento do furo de gusa.

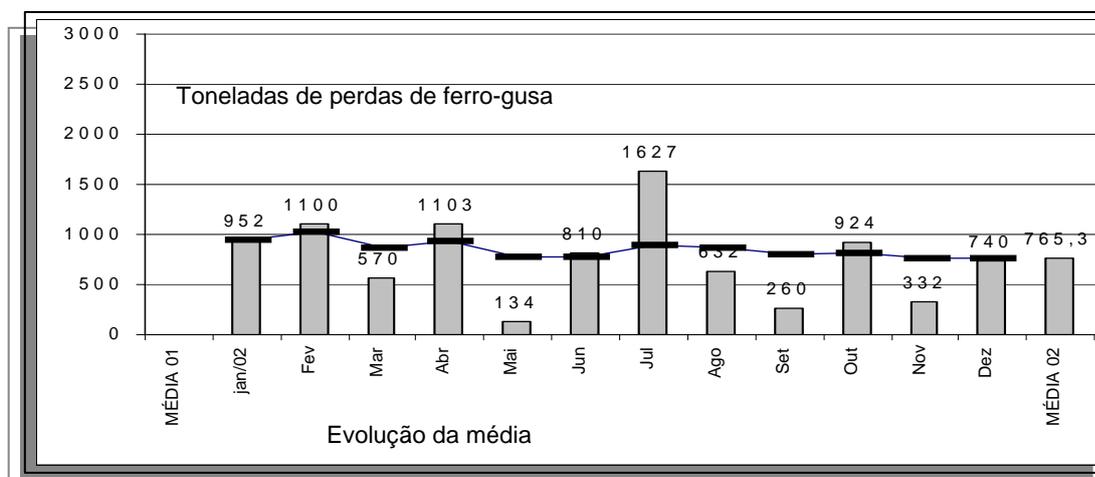


Figura 3 – Perdas no AF#3 em 2002 por não fechamento do furo de gusa;

3 - Parâmetros dos canhões de lama

3.1 - Tempo de giro do canhão de lama

Após um novo giro do PDCA visando encontrar a causa fundamental para a queima dos componentes do canhão de lama, verificamos durante a análise no local que o tempo de giro do canhão de lama entre a posição de garagem à boca do furo de gusa era de 15 segundos sendo que dentro deste tempo 9 segundos o canhão entrava em contato com o ferro gusa e escória o que representa 60% do tempo total, conforme ilustra a Figura 4.

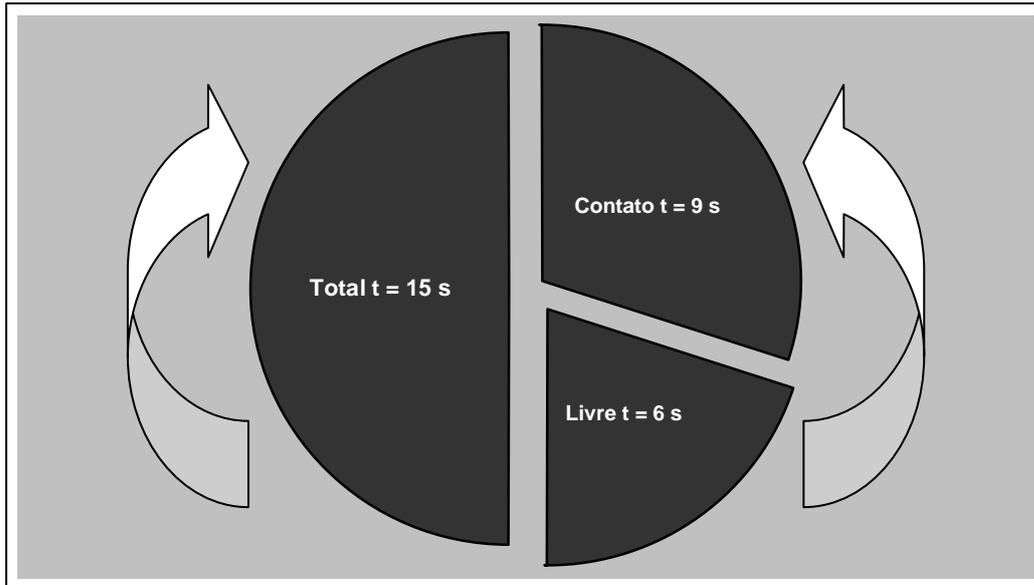


Figura 4- Representação do tempo de giro do canhão de lama;

Foi montado um cronograma de referência onde estimamos uma meta na primeira fase para conclusão até julho de 2003, sendo que durante a verificação se os resultados fossem consistentes, manteríamos o sistema em operação até a implantação do projeto definitivo.

3.2 - Ação

Foi elaborado um plano de ação analisando a viabilidade técnica e econômica de aumentar a vazão do sistema hidráulico para reduzir o tempo de giro do canhão de lama.

Os sistemas hidráulicos dos canhões de lama do Alto-forno 3 são fabricados pela REX-ROTH e trabalham com uma vazão de 285 l/min. Para reduzir o tempo de giro do canhão de lama, era preciso aumentar a vazão de óleo do sistema hidráulico para aproximadamente 400 l/min, porém, geraria um efeito secundário negativo durante a injeção de massa, a velocidade de injeção também aumentaria, sendo que este parâmetro é controlado e fixo em 4,5 l/seg., que permite um bom empacotamento da massa dentro do furo formando um barrado mais compacto e resistente.

Para bloquear este efeito foi alterada a lógica do sistema hidráulico permitindo o giro do canhão com duas bombas (principal + auxiliar) e durante a injeção apenas uma bomba (principal). A lógica foi alterada permitindo que a bomba (auxiliar) seja

desligada quando o bico o canhão tocar na face da capela, neste instante a pressão do giro eleva-se a valores acima de 230 kg/cm² conforme lógica ilustrada na Figura 5.

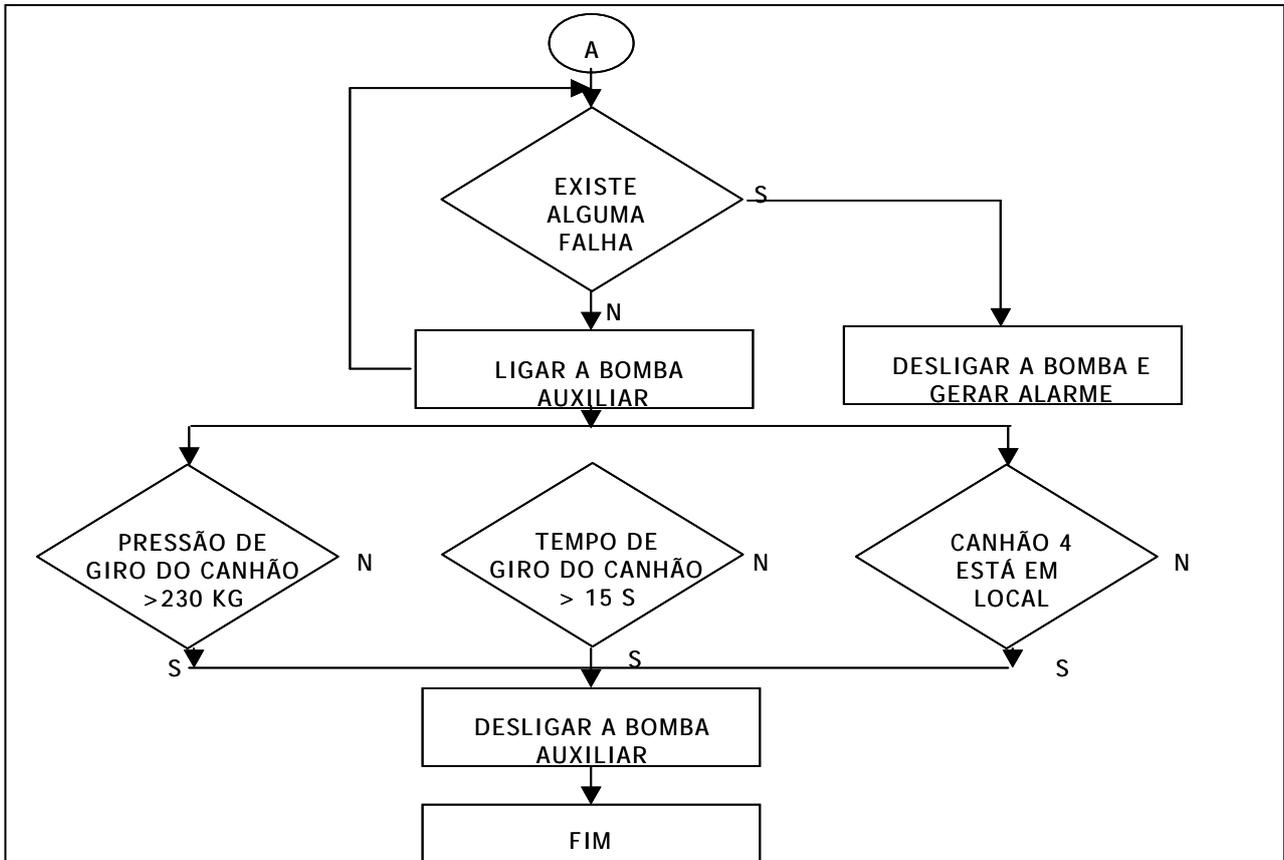


Figura 5- Lógica para fechamento do furo de gusa com duas bombas;

Conforme ilustrado na Figura 6 foi necessária a inclusão de chaves de software nas telas de operação do sistema hidráulico habilitando o operador a fazer o fechamento com as duas bombas. Após as mudanças foi dado treinamento teórico e prático a todos os operadores e supervisores envolvidos nesta atividade.

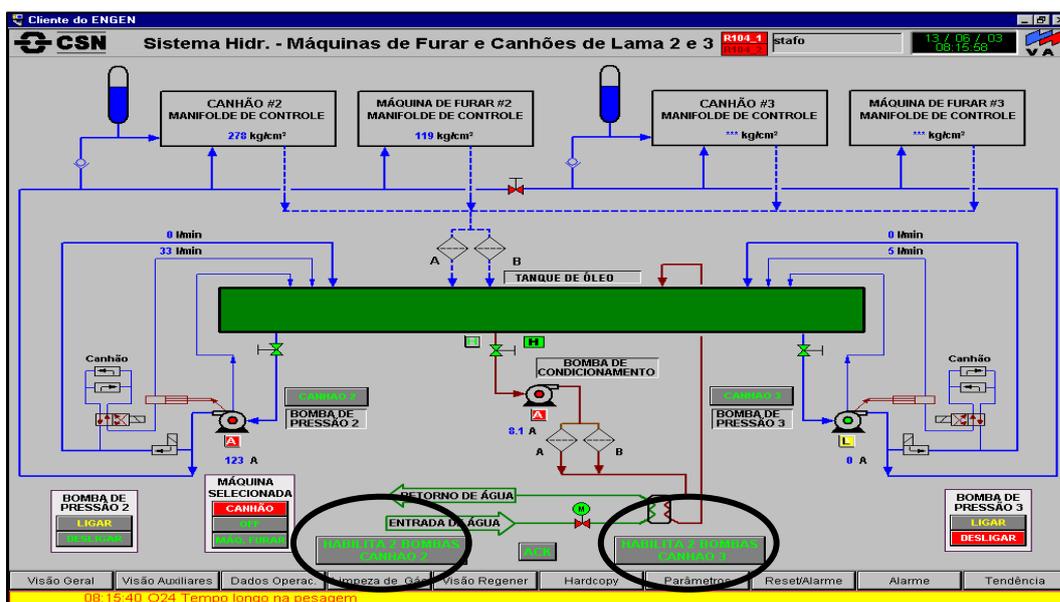


Figura 6 - Tela de operação do sistema hidráulico dos furos de gusa 2 e 3;

4 - RESULTADOS PRELIMINARES

4.1 - Tempo de Giro do Canhão de Lama

Conforme ilustra o Gráfico 1, após a implantação do projeto, o tempo de giro do canhão reduziu em 47% durante os fechamentos dos furos de gusa, reduzindo também dentro da mesma proporcionalidade o tempo de exposição do bico à gusa e escória.

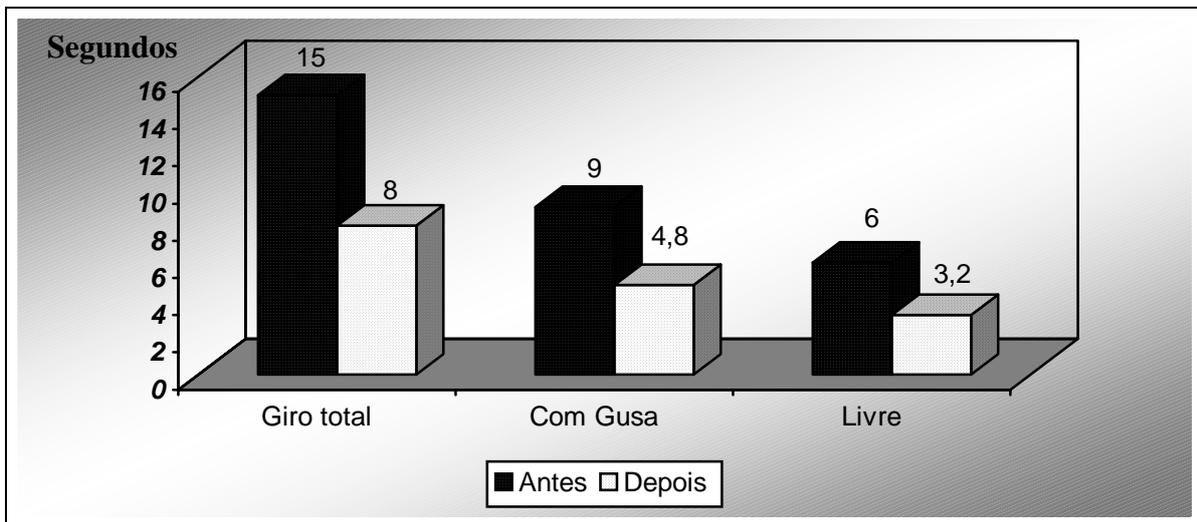


Gráfico 1 – Tempo de giro em segundos do canhão de lama do Alto-forno 3;

4.2 – Entrega de ferro gusa

O Gráfico 2 apresenta os resultados relativos a perda de produção nos anos de 2003 e 2004, onde pode observar uma redução expressiva desta perda após a implantação do projeto com uma redução da ordem de 780% no 2º semestre do mesmo ano, já comparando 1º semestre de 2003/2004 esta redução vai para 1.795%, computando o ganho em produção de gusa, aumentamos 8.822 ton./ano de gusa entregue na aciaria.

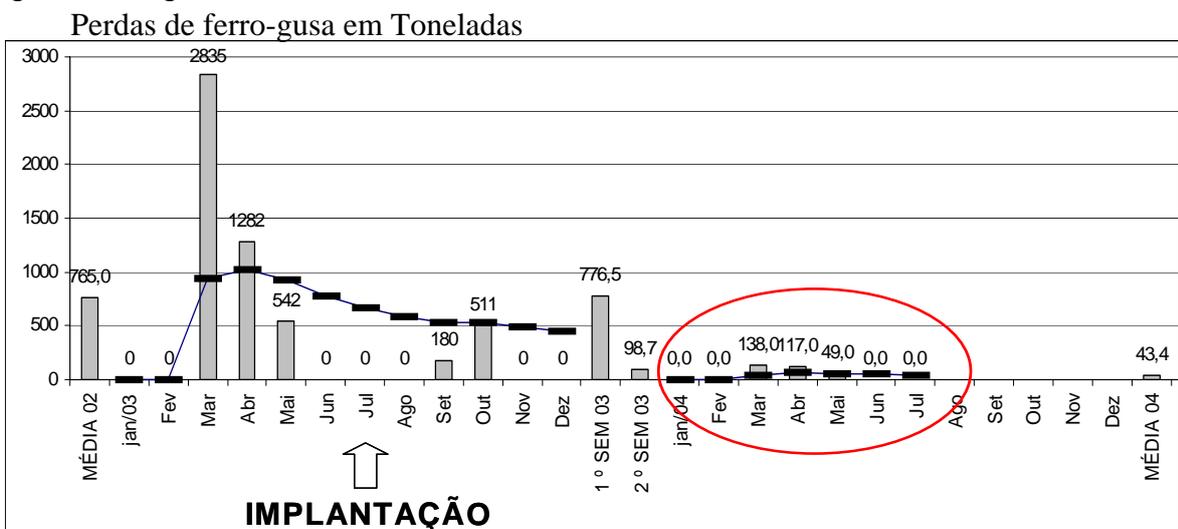


Gráfico 2 – Perdas no Alto-forno 3 por não fechamento do furo de gusa;

4.3 – Custo do Ferro gusa

Nos Altos Fornos a coque que trabalham com alta produtividade é necessário um bom desempenho da sala de corridas, principalmente nos resultados de volta de massa de tamponamento. O Gráfico 3 ilustra os resultados percentuais de volta de massa por corridas, onde pode-se verificar uma redução em 31% comparando o ano de 2003/2004.

A seguir apresentamos a influência da volta de massa na operação do forno:

- a) **Segurança Operacional:** Durante o fechamento do furo de gusa quando se tem uma grande quantidade de volta de massa, aumenta-se o risco de arrombamento do furo de gusa, porque o operador não consegue avaliar o quanto de massa foi injetado e quanto retornou para fora do furo;
- b) **Aumento do Custo:** Quando temos um alto percentual de volta de massa para que o operador tenha segurança no fechamento é injetada uma quantidade maior de massa 110 a 150 kg que o normal aumentando o consumo específico de massa de tamponamento;
- c) **Qualidade nos fechamentos:** Na volta de massa a pressão de injeção é reduzida pelo escape de massa entre o bico do canhão e a capela do furo de gusa, e com baixas pressões de injeção a massa fica mais porosa gerando vazios suscetíveis á trinca. Quando temos um furo trincado reduzimos a altura de captação do ferro gusa dentro do cadinho aumentando o tempo de escória sobre o tempo de gusa chamado de índice de escória, para valores acima de 1, este fenômeno reduz o silício no gusa aumentando o enxofre e o desvio padrão deste elementos.
- d) **Produção:** Quando um furo de gusa trinca e permanece trincado por várias corridas provoca a retenção de líquidos no cadinho por diferença de captação entre os furos de gusa aumentando a pressão de sopro na base do forno, sendo necessário reduzir o sopro e consequentemente a produção de gusa.

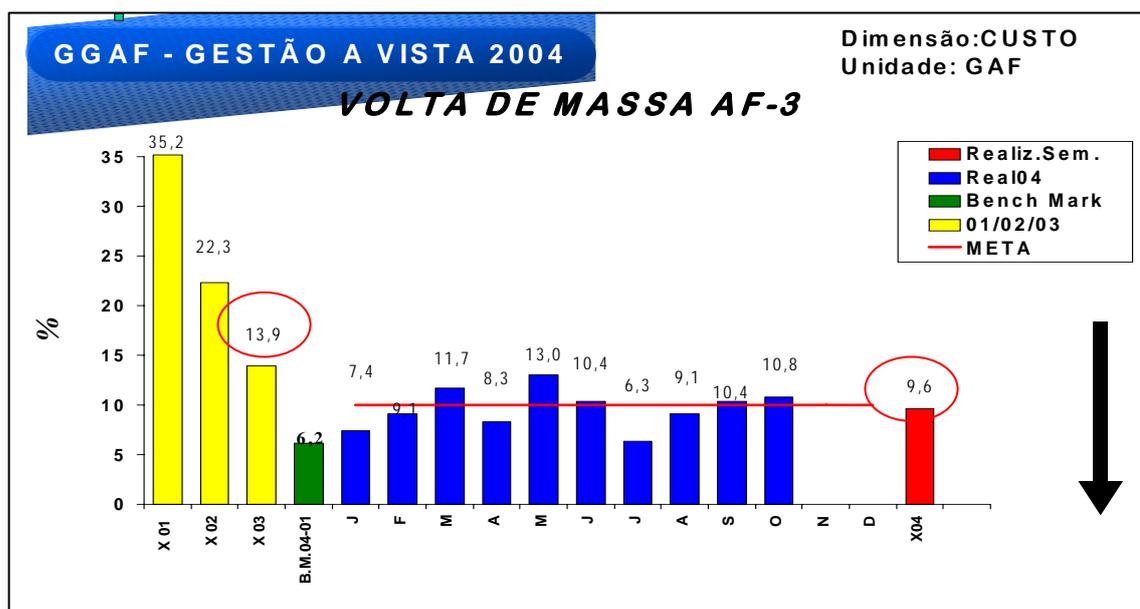


Gráfico 3 – Percentual de volta de massa de tamponamento por corrida;

No Gráfico 4 apresentamos o resultado após implantação do projeto do consumo de componentes do canhão de lama do Alto-forno 3, que são trocados por queima, no período de janeiro á novembro de 2003/2004. Houve a redução de 36% no consumo de bico intermediário e em 27% o consumo de bico falso após a implantação do projeto.

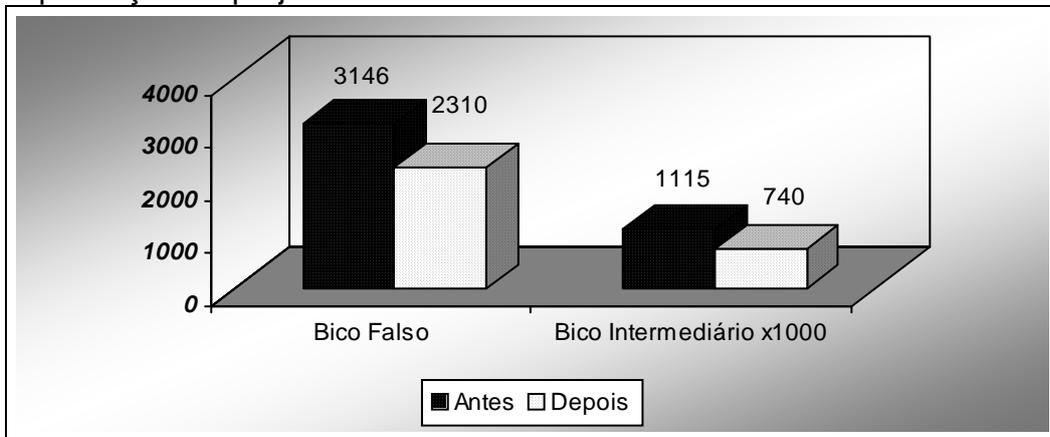


Gráfico 4 – Consumo de Bicos falso e intermediário dos canhões do AF#3;

4.4 – Ganhos financeiros

Os ganhos em custo ocorreram com a implantação do projeto, em margem de contribuição em placa por maior disponibilidade de gusa na aciaria, considerando os rendimentos metálicos do processo bem como o menor consumo dos insumos de salas de corridas.

4.5 - Ganhos ambientais

No Gráfico 5 ilustra os resultados de emissões fugitivas na sala de corridas. As emissões fugitivas são poluições não controladas momentâneas ocasionadas pelo processo. Pode-se observar a contribuição do trabalho para redução das emissões conforme os semestres circulados, tivemos uma redução 1º/2º semestre de 2003 de 55% e 2º semestre 2003/1º semestre 2004 de 49%, atendendo a meta prevista para o ano de 2004 que foi reduzida para 2% máximo/Mês.

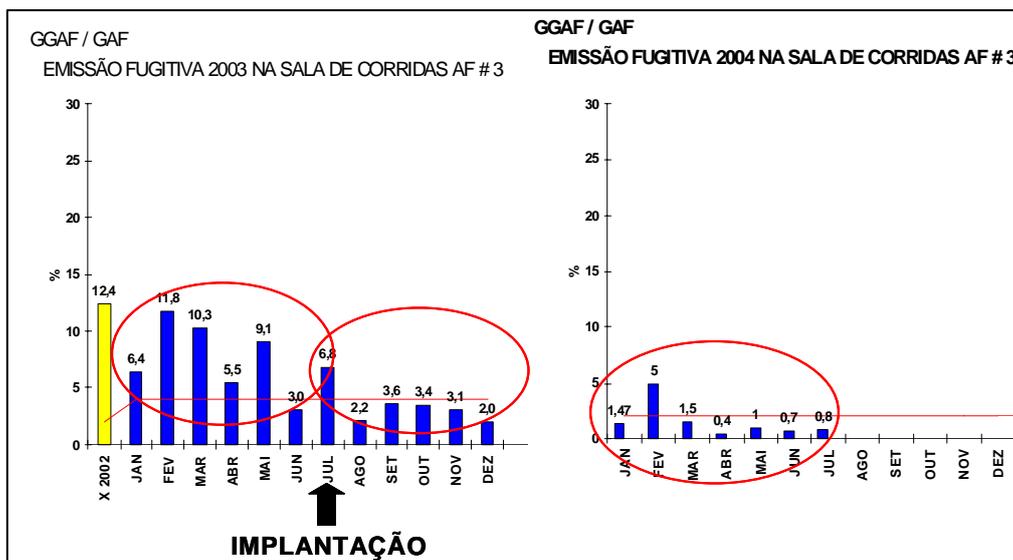


Gráfico 5 – Percentual de emissões fugitivas por corrida do AF#3;

4.6 - Influência na qualidade do gusa

Constatamos um ligeira redução no desvio do silício mostrado pela linha de tendência a partir do 2º semestre de 2003. As reduções do forno por não fechamento do furo de gusa e seu efeito no desvio de silício possibilitando uma redução em 11% após a implantação do projeto.

4.7 - Ganhos nas dimensões da moral e segurança

Antes da implantação do projeto no ano de 2002 houve várias ocorrências de não fechamento do furo de gusa ou arrambamentos com o canhão de lama na boca, nestes casos quando há queima dos componentes do bico do canhão, é necessário intervenção do homem para troca manual do componente, tornando esta atividade crítica. Com a implantação do projeto estas ocorrências foram reduzidas gerando uma maior segurança e confiabilidade do equipamento para os operadores durante os fechamentos do furo de gusa.

5 – Efeitos colaterais

Durante a implantação do projeto de redução do tempo de giro dos canhões de lama, foi detectado um efeito secundário negativo durante a troca dos canais que acontecem a cada 30 dias, durante esta troca que é feita em 24 horas é necessário fechar com uma bomba durante 6 corridas de um total de 300 corridas/mês.

Outro efeito colateral negativo é que nem sempre as duas bombas estão disponíveis e portanto o tempo de giro volta a ser 15 segundos.

E por final um maior risco de ocorrência de emissão fugitiva em sopros repentinos dos furos de gusa por um atraso nos fechamentos ocasionado pelo tempo longo de resposta da lógica para atuar nas duas bombas.

Estes efeitos foram eliminados após implantação do banco de acumuladores extra e a nova estratégia de controle implantada em dezembro de 2004 .

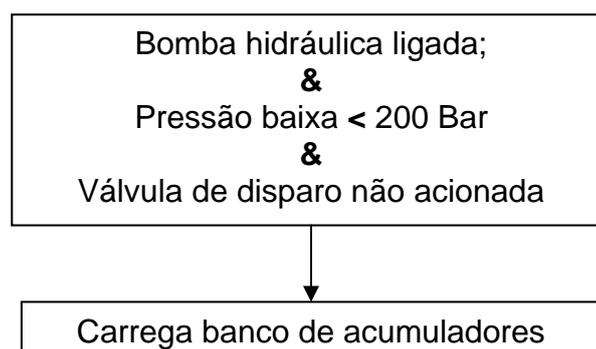
6 - Acumuladores extra e nova estratégia de controle

Para minimizar o tempo de giro dos canhões de lama foram projetados 4 conjuntos de banco de acumuladores tipo pistão, sendo um para cada canhão.

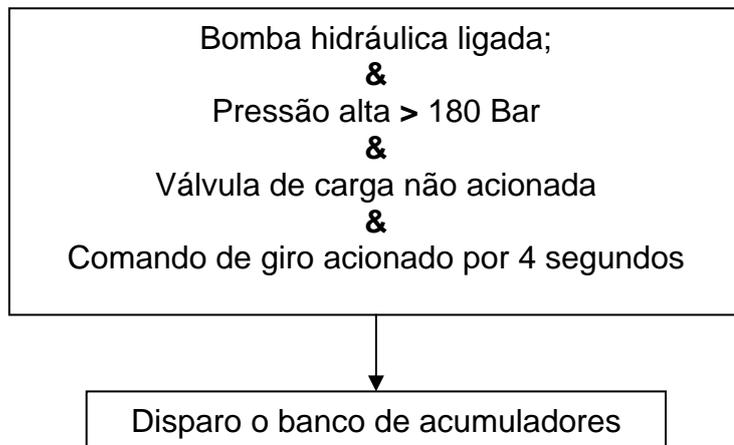
Cada conjunto acumulador proporciona a descarga de 50 litros de óleo no cilindro de giro, praticamente duplicando a velocidade de giro e reduzindo o tempo de giro de 15 para 8 segundos.

Foram usadas duas válvulas direcionais e um transmissor de pressão de óleo de 0 a 400 Bar para o banco acumulador.

A primeira válvula direcional hidráulica é responsável pela carga do banco, e possui a seguinte lógica de controle:



A segunda válvula direcional hidráulica possui elemento lógico que proporciona um tamanho físico menor para vazão exigida. Ela é responsável pelo disparo da descarga de óleo no cilindro de giro do canhão, e possui a seguinte lógica:



A Figura 7 ilustra a nova tela gráfica com as válvulas de disparo e carga, bem com o símbolo dos acumuladores com a indicação de pressão hidráulica. A operação das válvulas é transparente a operação e não requer chaves de software nem botões de partida para proporcionar o giro rápido.

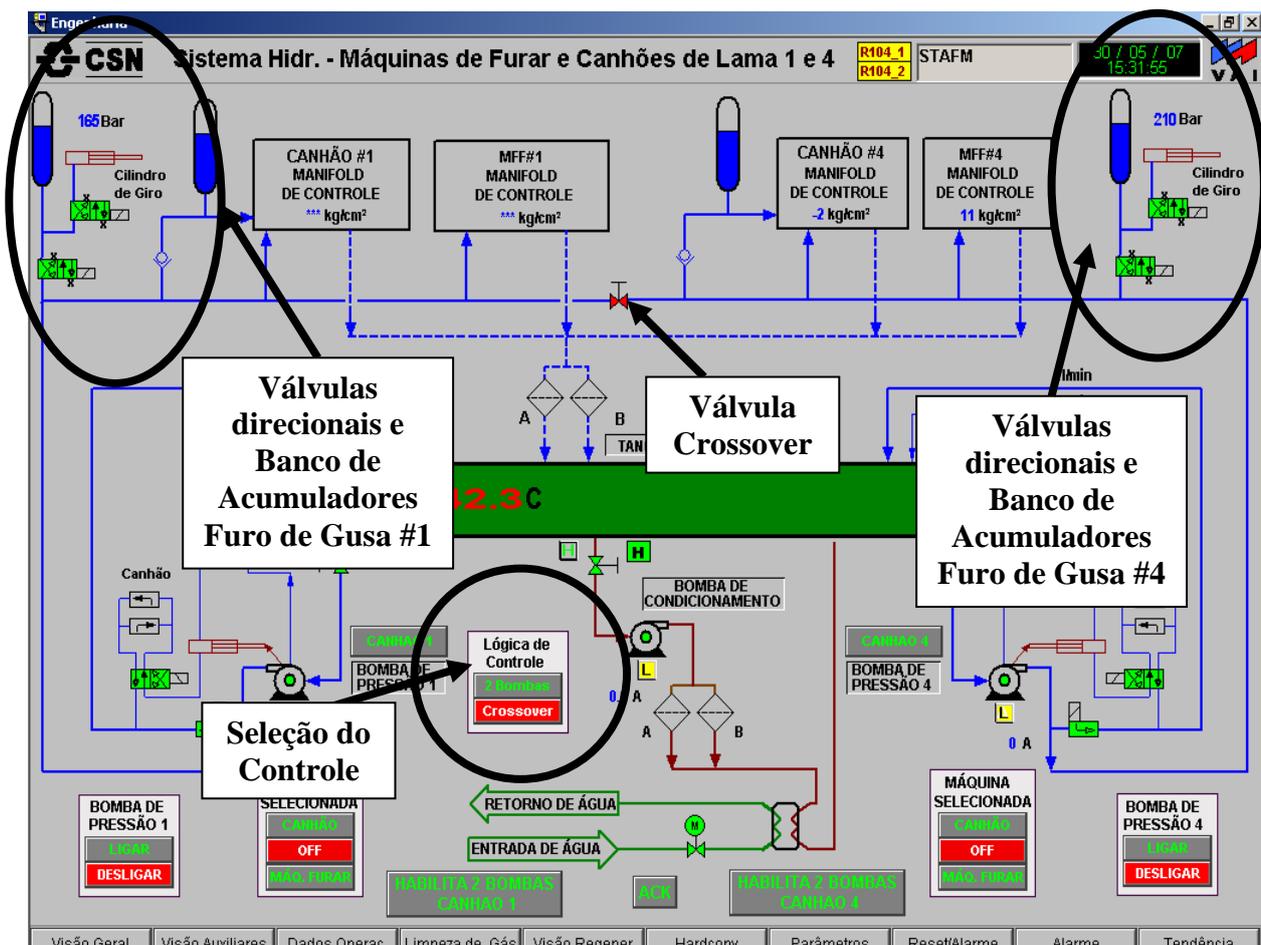


Figura 7 – Tela do Sistema hidráulico com os novos equipamentos e funções para as filosofias do giro rápido dos canhões do AF#3;

Outro desenvolvimento foi a chave de software para escolha entre a lógica do fechamento com duas bombas hidráulicas ou a lógica original da válvula "Crossover" que previa o fechamento do furo de gusa com a bomba do furo oposta.

Isto proporcionou uma bomba reserva para fechamento em emergência (Lógica da Válvula Crossover) na bomba que está fechando o furo de gusa. Foi então, criada uma chave de controle para o operador escolher entre a filosofia do giro rápido proporcionada pelo banco de acumuladores extra (Crossover) dependendo da situação de emergência ou tipo do equipamento danificado, versatilizando a operação e preservando o giro rápido dos canhões.

Assim se a bomba do furo 4 estiver danificada, o giro rápido poderá ser realizado com a bomba 1, ou vice-versa, sem que o giro rápido de ambos os canhões sejam prejudicados.

7 - Conclusões

Este trabalho além de proporcionar o giro rápido dos canhões, disponibilizou para operação, outras três opções de fechamento como contingências:

- 1ª) Falha do acumulador → Fechar com duas bombas (giro rápido 8 seg.);
- 2ª) Falha da bomba → Fechar com a bomba do outro furo de gusa (giro rápido 8 seg.);
- 3ª) Falha da bomba + acumulador → fechar com a bomba do outro furo de gusa (giro normal 15 seg.).

O giro rápido dos canhões diminuiu o tempo de contato com o jato de gusa reduzindo sensivelmente os problemas de volta de massa e queima dos componentes do canhão de lama.

Com implantação do banco de acumuladores reduziu as manobras e ações feitas pelo operador para obturação do furo de gusa, facilitando esta atividade e reduzindo o risco de falha humana.