

DESEMPENHO OPERACIONAL DO ALTO-FORNO Nº2 NO RETORNO DA ATIVIDADE DE *GUNNING* À QUENTE, APÓS IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS OPERACIONAIS¹

*Anderson Soares da Silva*²
*Marco Polo da Silva Peixoto*³
*Sebastião Jorge Xavier Noblat*⁴
*Marcio José Mariano da Silva*³
*Sandro Junior Batista*⁵
*Luis Henrique Ferreira*⁵
*Roberto de Oliveira Mariano*⁶
*Giancarlo Sterhling Barbosa*⁷

Resumo

O presente trabalho tem por objetivo apresentar as ações implementadas no Alto-Forno n.º 2 que acarretaram na melhoria de desempenho do forno no seu retorno a operação após as paradas para *Gunning* a quente com carga em 20 metros.

Palavras-chave: Alto-forno; *Gunning*; Operação.

OPERATIONAL PERFORMANCE OF BLAST FURNACE N.2 DURING RETURN OF THE HOT GUNNING ACTIVITY AFTER IMPROVEMENT IMPLEMENTED

Abstract

This paper aims to present the actions implemented in the blast furnace No. 2 that resulted in improved performance of the furnace in his return to operation after the stops hot gunning for the burden by 20 meters.

Key words: Blast furnace; *Gunning*; Operation.

¹ Contribuição técnica ao 39º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas e 10º Seminário Brasileiro de Minério de Ferro, 22 a 26 de novembro de 2009, Ouro Preto, MG.

² Engenheiro de desenvolvimento da GMP;

³ Engenheiro de processo da GAF#2;

⁴ Engenheiro especialista de Altos-Fornos da GGAF;

⁵ Técnico de desenvolvimento da GAF#2;

⁶ Técnico de controle de processo da GMG;

⁷ Técnico de desenvolvimento especialista da GEF.

1 INTRODUÇÃO

O Alto Forno nº 2 da CSN encontra-se em operação desde 1991, quando iniciou sua 5ª campanha. Desde então o forno apresenta um elevado desempenho operacional, superando significativamente a expectativa inicial (12 milhões toneladas em dez anos) do projeto, acumulando até 31 de agosto de 2008 uma campanha de 25,2 milhões toneladas.

O projeto atual do forno constitui-se de um sistema tradicional composto de tijolos refratários ao longo do corpo do forno, sendo tijolo de grafite entre a ventaneira e a baixa cuba, carbeto de silício na média cuba e alta alumina na alta cuba. Seu sistema de refrigeração é do tipo placas de alta densidade ao longo de todo o corpo do forno.

No decorrer dos anos, o refratário apresentou um desgaste acentuado na região da média cuba que teve como consequência a exposição das placas e, por conseguinte, uma forte tendência de queima das mesmas e ancoragem de carga inativa, com impacto direto na produtividade do forno.

Visando minimizar estes problemas foi desenvolvida uma metodologia de recuperação da espessura da parede refratária com a projeção de material refratário à quente na região entre a média e alta cuba, sendo para isso necessário realizar o abaixamento da carga até o nível de 20 metros.

Este quadro levou a necessidade do desenvolvimento de um trabalho conjunto entre operação, manutenções, área técnica e abastecimento de matéria prima.

O procedimento operacional utilizado na parada e retorno do forno para permitir a realização deste trabalho, conduz a perdas de produção, qualidade, custo e riscos operacionais e ambientais, intrínsecos a este tipo de atividade.

O objetivo deste trabalho é apresentar as melhorias implementadas com o intuito de minimizar estas perdas.

2 OBSERVAÇÃO E ANÁLISE

Na fase de observação e análise foram identificados todos os pontos que deveriam ser melhorados no sentido de reduzir as interferências no retorno do Alto-Forno nº2 em operação.

Nesta etapa foram implementadas diversas ações que serão abordadas a seguir.

A realização do trabalho de recuperação da parede do forno com nível de carga em 20 metros demanda elaboração de atividades específicas das diversas áreas envolvidas com o objetivo de garantir um rápido e seguro retorno do forno às suas condições normais de operação, bem como manter a integridade estrutural do forno.

Dentre as principais atividades desenvolvidas pelas áreas, podemos citar:

2.1 Ações Antes das Modificações Implantadas

2.1.1 Manutenção mecânica / eletroeletrônica

- instalação e ajuste de uma sonda eletromecânica com capacidade de medição até a profundidade necessária;
- revisão e verificação do sistema de injeção de água do topo para permitir um controle adequado da temperatura dos gases no interior do forno de modo a garantir a integridade dos equipamentos do topo do forno; e

- revisão e verificação do analisador de gás do topo com o acréscimo de análise do oxigênio visando garantir o controle eficiente da análise do gás e, tomada de ações corretivas, minimizando o risco de explosão no sistema de gás ou na rede de gás externa ao Alto-Forno.

2.1.2 Manutenção refratária

Aplicação de material refratário pelo sistema convencional (*Gunning* a quente) com os seguintes resultados conforme Tabela 1.

Tabela 1: Dados do *gunning* convencional

Ano	Dia	Nível de Sonda (m)	Percentual de Rebote (%)	Quant. de Massa Projetada (t)	Tempo de Parada (hh:mm)
Abr/03	09/04/2003	10	18	40	31h 25min
Nov/03	06/11/2003	20	17	77	46h 55min
Jul/04	08/07/2004	19	15	92	39h 09min
Ago/05	16/08/2005	20	16	87	35h 00min
Nov/05	08/11/2005	21	18	84	65h 35min
Set/06	20/09/2006	19	13	105	54h 22min

2.1.3 Operação

- **Procedimento de abaixamento de carga do forno:** o procedimento consiste em reduzir gradualmente o nível de carga do forno até o nível desejado para permitir a aplicação do material refratário na parede do forno, controlando-se as variáveis operacionais, de modo a se obter a maior estabilidade possível no processo de descida de carga. O procedimento pode ser visualizado através da Figura 1.

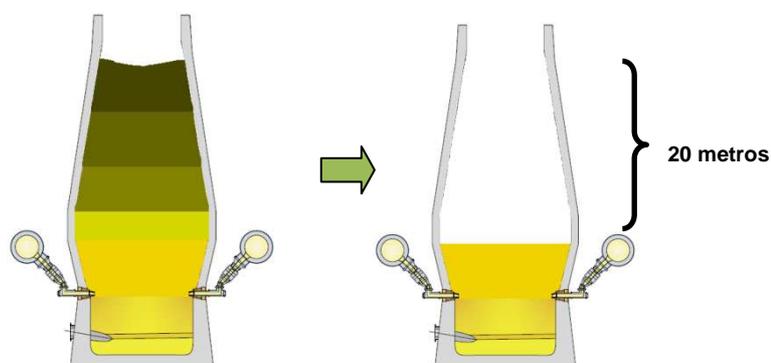


Figura 1: Abaixamento de carga até 20 metros

- **Carregamento de tambores no interior do forno:** principal finalidade dos tambores: facilitar a quebra da rolha de rebote formada pelo material refratário não aderido pela parede, antes de iniciar a projeção do concreto era jogado manualmente no interior do forno, através do janelão de troca da calha de carregamento (Paul Wurth), cerca de 80 tambores metálicos de 200 litros vazios.

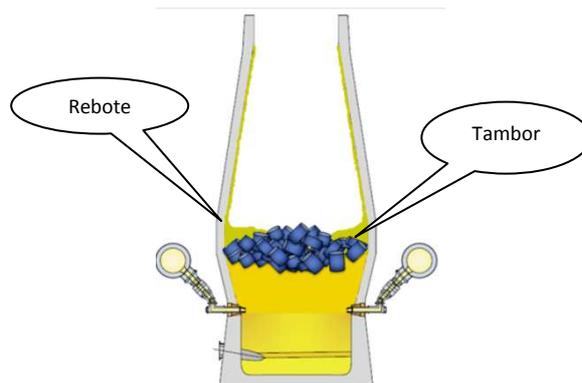


Figura 2: Carregamento de tambores para quebra do rebote.

- **Procedimento de carregamento e retorno do forno:** no procedimento de enchimento é calculada a carga necessária para recomposição da energia térmica do forno, bem como uma distribuição de carga adequada a uma boa permeabilidade do processo de retorno do forno.
- **Preparação da sala de corridas:** esta preparação segue os tópicos abaixo:
 - preenchimento total do canal principal e pocinho de gusa com areia;
 - levantamento e forração das laterais dos canais com areia;
 - quebra da parte superior do escumador; e
 - colocação de suporte para içar possíveis formações de cascões ao longo dos canais principais e secundários de gusa, para facilitar a limpeza dos mesmos.

A Figura 3 mostra todo o procedimento utilizado na casa de corridas, para volta do forno em operação, antes da implementação das melhorias.

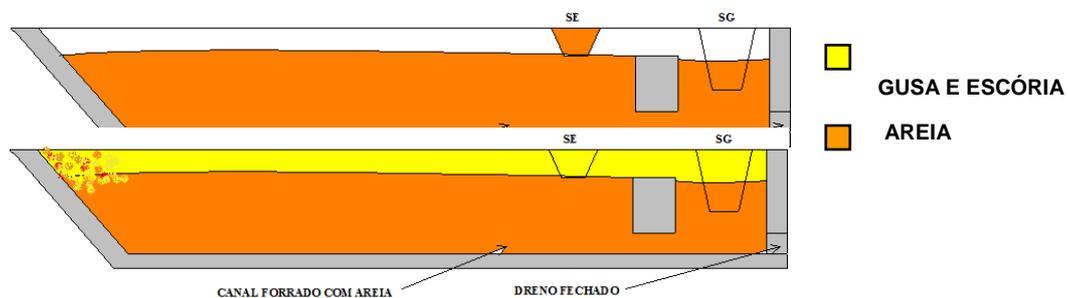


Figura 3: Procedimento para o furo de gusa 1 e 2 - Situação Anterior.

2.1.4 Abastecimento

- **Carregamento de escória de Aciaria:** no procedimento de preparação da rolha de abafamento é utilizada na composição da mesma, uma quantidade específica de escória de aciaria que tem como objetivo auxiliar no controle da viscosidade da escória final do forno. Este material é providenciado com antecedência à parada do forno, sendo carregado depois de completado o processo de abaixamento de carga.

2.2 Ações Após as Modificações Implantadas

A partir de agosto de 2007, teve início uma série de mudanças no procedimento de retorno do Alto-Forno n.º 2 em operação, que contribuíram para uma substancial melhora no desempenho do mesmo às suas condições normais de operação.

A Tabela 2 apresenta as principais ações implementadas.

Tabela 2: Plano de ações implementadas

O que	Onde	Quem	Quando	Como	Porque	Situação
Implementação do método de aplicação de material refratário tipo Shotcrete	Ao longo das paredes do AF#2	GEF	Set/2006	Utilizando material à base de carbeto de silício, contendo ligantes que aceleram o processo de cura	Para minimizar o efeito do rebote sobre a carga	Implantado
Eliminar utilização dos tambores	Após abaixamento de carga no interior do AF#2	GGPS/GAF#2	Próximo parada do forno após Shotcrete (Out/2007)	Substituindo por dormentes	Para facilitar a passagem dos gases no retorno do forno	Implantado
Modificar temporariamente o sistema de carregamento do forno	Programa de carregamento do AF#2	GMG	Em todas as MP's do AF#2 com a realização de abaixamento de carga	Alterando o software do PLC	Para permitir que o forno seja carregado em automático mesmo fora de operação	Implantado
Alterações no procedimento de preparação da sala de corridas	Sala de corridas do AF#2	GAF#2	Em todas as MP's do AF#2 com a realização de abaixamento de carga	Sem quebra de escumador; Realizando vazamento pelos canais de dreno; Realizando preenchimento total do canal com areia	Para melhorar o escoamento do forno após retorno	Implantado
Utilização de coque com granulometria mais elevada	No interior do AF#2	GCR	Próximo parada do forno após Shotcrete (Ago/2007)	Selecionando, preparando e abastecendo o coque dentro das características pré-definidas	Melhorar a permeabilidade da carga do forno no seu retorno a operação (recuperação mais rápida do forno)	Implantado

2.2.1 Manutenção mecânica / eletroeletrônica

A Tabela 3 mostra as modificações implementadas para o enchimento do forno para o seu retorno.

Tabela 3: Melhorias implementadas no Sistema de Carregamento do Alto-Forno

Atividade / Condição do AF#2	AF#2 em Operação Normal	AF#2 em Processo de Enchimento, Após Gunning à Quente (Forno Parado)
Descarga na correia M-2	O software do PLC do carregamento não permite descarregar outro tipo de material junto com o coque, no mesmo batch na correia M-2 na stock house.	Foi modificado e implementado condições no software do PLC , para permitir descarregar outro tipo de material junto com o coque no mesmo batch na correia M-2 da stock house.
Preparação do topo do AF#2	O PLC do carregamento transporta o material até o topo, prepara o topo e carrega o material no interior do forno e todas suas funções operacionais e as variáveis de processo funcionem em automático.	Foi desenvolvido um programa no PLC para simular as variáveis de processo e permitir o funcionamento do topo em automático para preparar e carregar o material nos silos do topo.
Descarga no interior do AF#2	O PLC do carregamento monitora o nível de carga no interior do forno através de sondas eletromecânicas, que acompanham o movimento de descida da carga e quando atingem o set point (altura de sonda pré definida) são recolhidas para dar início a distribuição da carga no interior do forno.	Para descarga de material no interior do forno as sondas de nível eletromecânicas ficam fora de operação. Neste caso foi modificado e implementado condições no software, para simular o funcionamento das mesmas em automático e assim permitir o enchimento do forno de forma a se ter uma eficácia nas posições desejadas e distribuição de carga mais rápida e homogênea

2.2.2 Manutenção refratária

A implementação do método de aplicação refratária tipo Shotcrete, que consiste na utilização de material à base de carbeto de silício, contendo ligantes que aceleram o processo de cura, minimiza o efeito do rebote sobre a carga. Os resultados podem ser vistos na Tabela 4.

Tabela 4: Dados do Shotcrete

Ano	Dia	Nível de Sonda (m)	Percentual de Rebote (%)	Quantidade de Massa Projetada (t)	Tempo de Parada (hh:mm)
Ago/07	29/08/2007	19	6,74	60	17h 40min
Out/07	24/10/2007	11	6,40	36	17h 50min
Jul/08	02/07/2008	20	3,98	102	44h 20min

2.2.3 Operação

- **Substituição dos tambores por dormentes no interior do forno:** uma das principais modificações foi a substituição dos tambores carregados antes do *Gunning* por peças de madeira (dormentes) de aproximadamente 1,80 a 2,00 metros de comprimento.

Os tambores utilizados anteriormente causavam um isolamento da seção transversal do forno, provocados pelo seu amassamento, o que acarretava em dificuldade na passagem dos gases durante o retorno do forno a operação. Enquanto que os dormentes, pelo seu formato e comprimento, não permitem que ocorra este fenômeno pelo rebote do material refratário além do que após sua queima gera vazios que permitem uma maior facilidade da passagem dos gases através da carga na região do rebote conforme Figura 4.

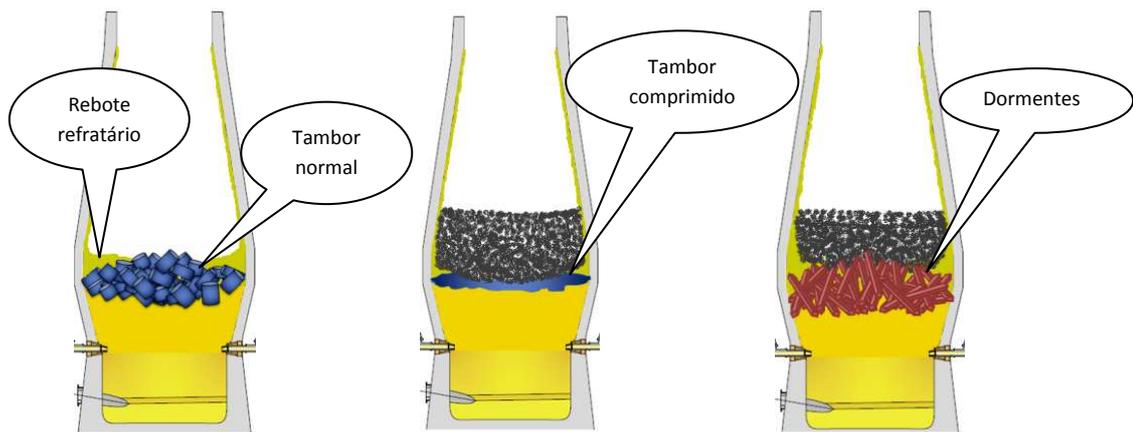


Figura 4: Comparativo entre à situação antes (tambores) e depois (dormentes).

- **Preparação da sala de corrida:** outra importante modificação foi uma série de alterações no procedimento de preparação da sala de corridas, as quais obtivemos resultados expressivos no retorno do forno à operação como descrito nas Figuras 5 e 6.
 - **Procedimento para corrida no furo de gusa 1 com dreno aberto:**
 - limpar o dreno do canal principal e canal do dreno mantendo o dreno aberto;
 - limpar o fundo, pocinho e laterais do canal principal; e
 - forrar com areia o fundo do canal principal e pocinho na altura de 200 mm, fazendo um montinho de areia de 500 mm na região abaixo da saída de escória.

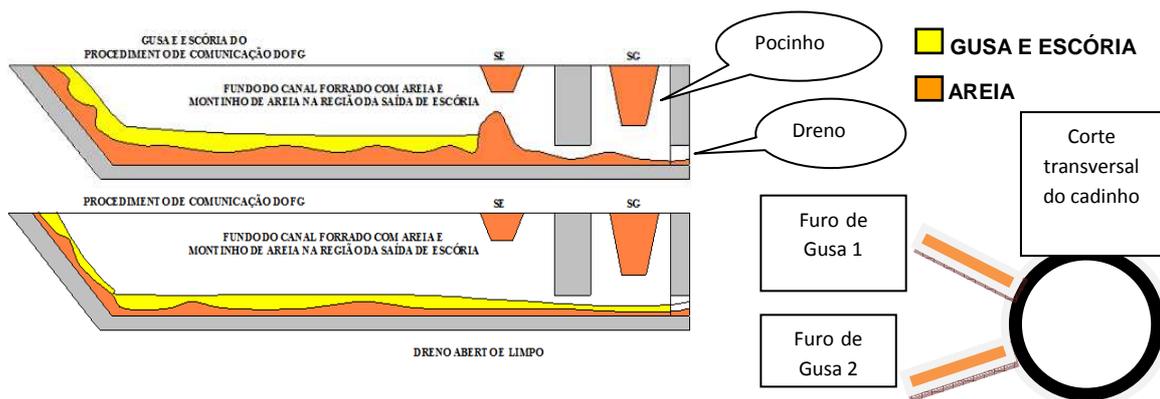


Figura 5: Corte longitudinal do canal principal FG#1.

- **Procedimento para corrida no furo de gusa 2 com dreno fechado:**
 - limpar o dreno do canal principal e canal do dreno mantendo o dreno fechado;
 - limpar o fundo, pocinho e laterais do canal principal; e
 - forrar com areia o fundo do canal principal e pocinho na altura de 200 mm.

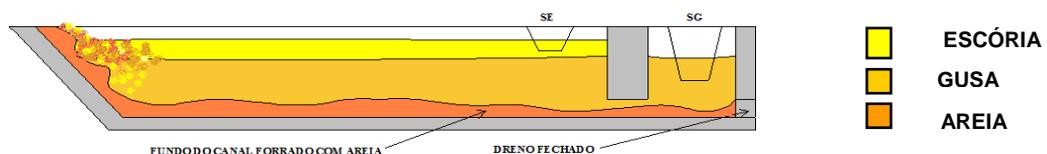


Figura 6: Corte longitudinal do canal principal FG#2.

2.3 Abastecimento

2.3.1 Preparação e seleção de coque com granulometria especial

Além do carregamento da escória de aciaria para correção da escória final do forno, na semana que antecede as paradas do forno passou a ser realizado um procedimento específico para preparação e seleção de um coque com uma granulometria acima da mesma praticada em operação normal no forno. Este material é armazenado em um silo específico para o seu carregamento durante o enchimento do forno. O objetivo deste material é obter uma elevada permeabilidade da carga do forno no seu retorno a operação, garantindo assim, a sua rápida recuperação.

3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise dos gráficos abaixo mostram os resultados antes e após a implementação das ações de melhorias:

A linha vermelha limita o valor máximo considerado para uma operação estável.

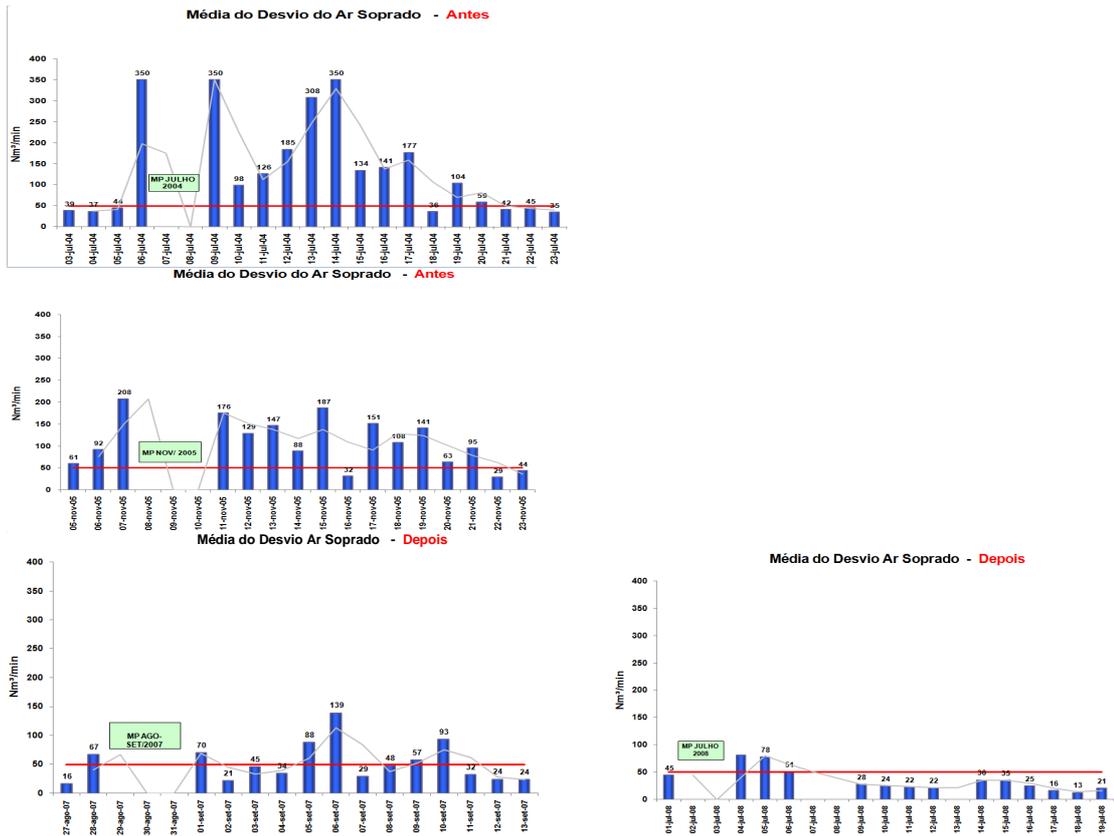


Figura 7: Evolução do desvio de ar soprado no retorno do AF#2 da MP antes e após às ações.

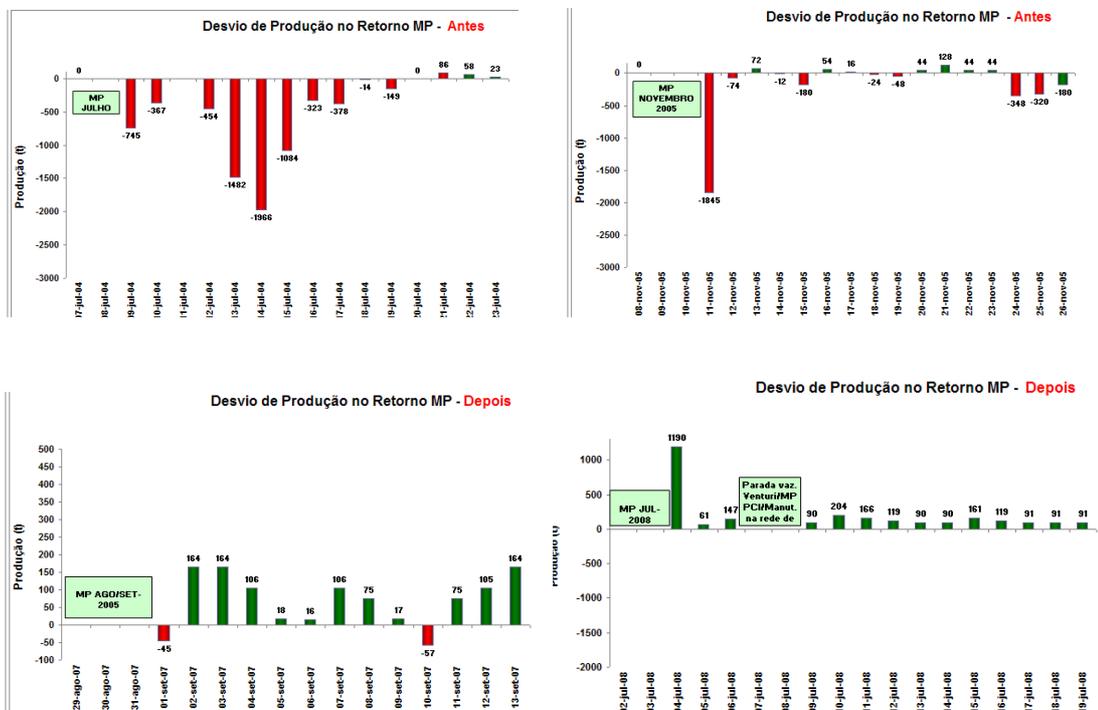


Figura 8: Evolução do desvio de produção no retorno do AF#2 da MP antes e após às ações.

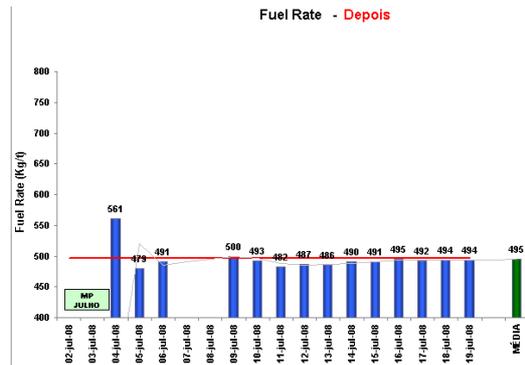
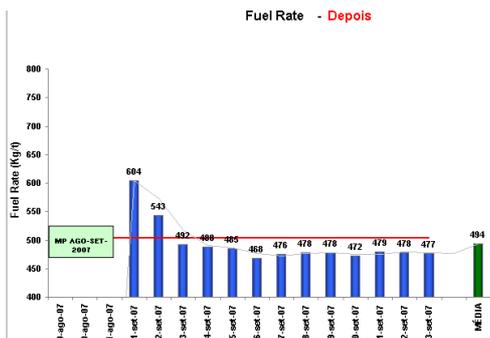
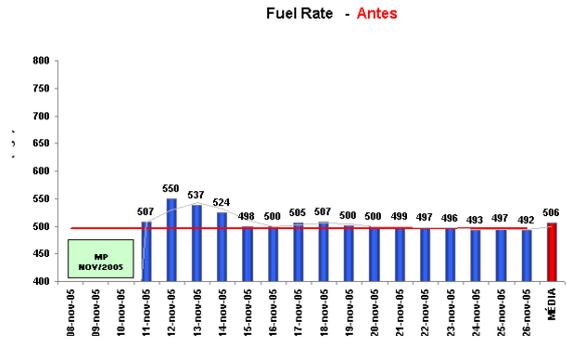
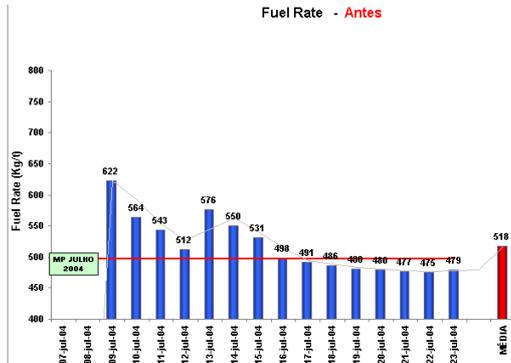
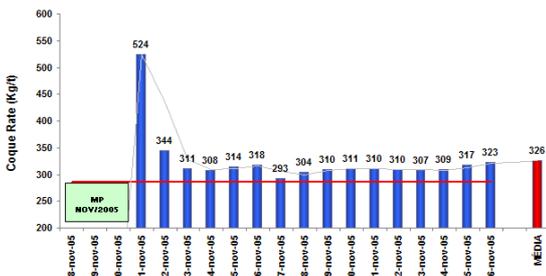
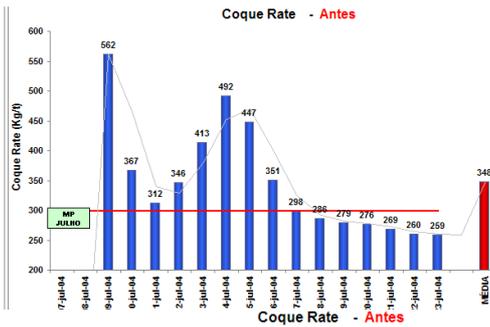


Figura 9: Evolução do Fuel Rate no retorno do AF#2 da MP antes e após às ações.



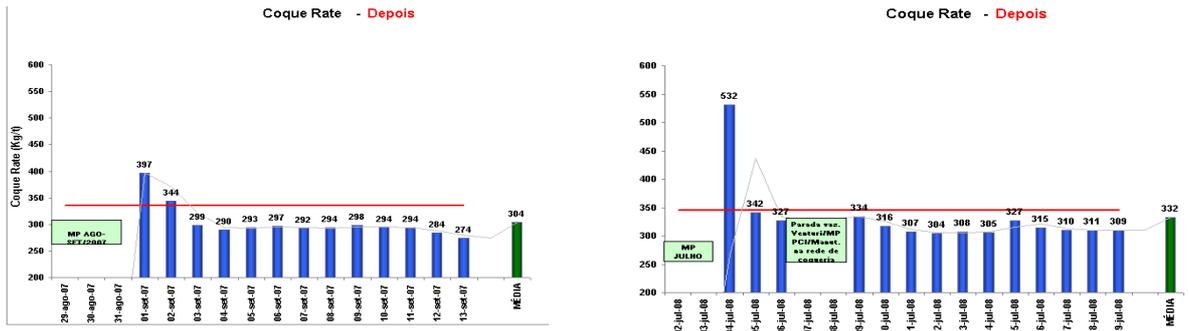


Figura 10: Evolução do Coque Rate no retorno do AF#2 da MP antes e após às ações.

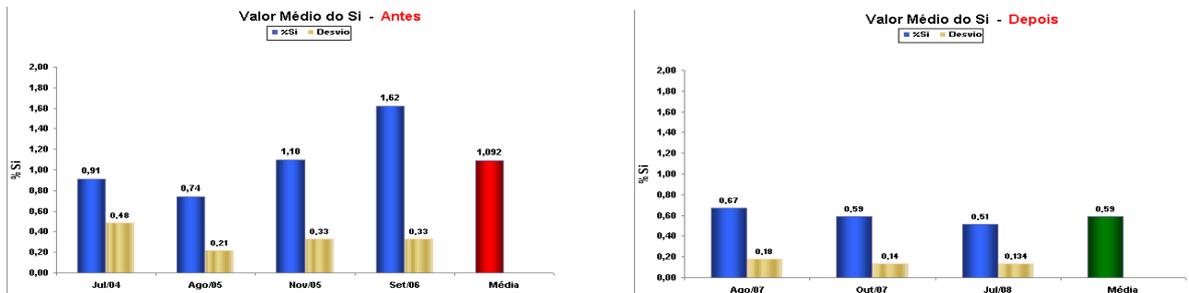


Figura 11: Valor médio do silício do AF#2 antes e após as ações.

Na Tabela 5 podemos observar as principais diferenças com relação as dimensões da qualidade.

Tabela 5: Análise comparativa

Correlação das práticas operacionais de casa de corridas	Antes das melhorias	Após as melhorias
Segurança	<ol style="list-style-type: none"> 1) Exposição dos colaboradores ao calor radiante por necessidade de remoção dos cascões de gusa e escória durante as corridas – Tempo médio = 70’; 2) Desgaste físico acentuado devido a remoção manual dos cascões de gusa e escória nos intervalos para preparação do canal – Tempo médio = 80’; 3) Ocorrência de fechamento do furo de gusa em emergência com vergalhão cunha ou barra. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Redução do tempo de exposição ao calor radiante para 15’; 2) Redução do tempo de preparação das corridas para 30’; 3) 100% dos Fechamentos do furo de gusa com o canhão.
Meio Ambiente	<ol style="list-style-type: none"> 1) Emissão fugitiva decorrente da volta de massa por dificuldade de fechamento do furo de gusa (formação de cascões na boca que dificultavam a selagem do bico do canhão no anel do furo de gusa); 2) Geração de grande quantidade de resíduos sólidos (cascões de gusa e escória) – Média = 20,0 caçambas; 3) Utilização de grande quantidade de areia para a forração dos canais – Média = 24,0 m³. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Não houve emissão fugitiva; 2) Redução da geração de resíduos sólidos – Média = 6,0 caçambas; 3) Redução do consumo de areia para 19,0m³.
Moral	<ol style="list-style-type: none"> 1) Condições de trabalho inadequadas. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Melhorias nas condições de trabalho.
Atendimento	<ol style="list-style-type: none"> 1) Intervalo de vazamento de 80,0’; 2) Demora no tempo de estabilização do forno; 3) Desvio da produção de gusa e escória para PE durante as 04 primeiras corridas. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Intervalo de vazamento de 40’; 2) Redução no tempo de estabilização do forno; 3) 100% do o gusa vazado foi enviado para a Aciaria (a escória foi escumada e o CT foi completado no AF #3, na 3ª corrida foi feita a separação de gusa e escória na sala de corridas)
Qualidade	<ol style="list-style-type: none"> 1) Desvio da produção de gusa e escória para PE durante as 04 primeiras corridas. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 100% do gusa vazado foi enviado para a Aciaria (a escória foi escumada e CT foi completado no AF #3 , na 3ª corrida foi feita a separação de gusa e escória na sala de corridas).
Custo	<ol style="list-style-type: none"> 1) Fuel Rate elevado. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Redução do Fuel Rate.

4 CONCLUSÕES

Com os procedimentos implantados, houve uma significativa redução do gusa descartado no poço de emergência por qualidade inadequada (silício e enxofre elevados) o que corresponde a 4 corridas de gusa a mais entregue para aciaria dentro da faixa de qualidade.

Com a mudança dos procedimentos também houve redução dos riscos operacionais (engaiolamentos, queima de placas de refrigeração, queima de ventaneiras, enchimento de ventaneiras com gusa e escória frios etc.).

As práticas implantadas reduziram os riscos de acidentes com pessoas e de contaminação do meio ambiente.

Com as ações implementadas foi possível reduzir em 5,2 mil toneladas a perda de produção em BQ's, o que correspondeu a uma economia de R\$ 6,3 milhões e, uma redução no consumo de coque importado de R\$ 5,1 milhões, totalizando R\$11,4 milhões.

Com exceção da técnica do Shotcreate, as demais práticas implementadas não tiveram custos adicionais para CSN, pois foram desenvolvidas pelos técnicos da própria empresa.

O domínio desta técnica reduz significativamente o custo de recuperação da parede refratária do alto-forno se comparado com um refratamento convencional.

O desenvolvimento realizado neste trabalho dotou a empresa de um completo domínio tecnológico, no que concerne à operação de recuperação da parede refratária do alto-forno com carga baixa, sendo a CSN a única empresa no Brasil com este know how.