

PROLONGAMENTO DA CAMPANHA DO CADINHO DO ALTO-FORNO 2 DA CSN (BRASIL) ¹

*Francisco Nóbrega de Aguiar²
Sebastião Jorge Xavier Noblat²
Márcio José Mariano da Silva³
Reginaldo de Souza Roma⁴
Pedro Coutinho da Silveira Souza⁴
Sandro V. Maia Larrubia⁵
Sidiney Nascimento e Silva⁶*

Resumo

O trabalho tem como objetivo apresentar as principais ações levadas a efeito, no início do ano de 2006 para conter o elevado desgaste do cadinho do AF-2 que o condenava a uma reforma de emergência e limitava sua produção a ~ 50 % do ritmo normal. O Alto-Forno 2 da CSN foi reformado em 1991 e no ano de 2000, após ter atingido a produtividade de campanha de 8475 t/m³ IV, sofreu um reparo parcial em seu cadinho que objetivava dar-lhe uma sobrevida de mais 6 anos. No final do ano de 2005 já atingia a produtividade de 13776 t/m³, quando passou a ter uma elevação acentuada das temperaturas do cadinho nas regiões ao redor dos furos de gusa, chegando a atingir temperaturas de até 1150 °C em termopares de profundidade original de 250 mm. Após implantação de uma série de ações, dentre elas a implantação de uma fileira suplementar de tijolos de carbono e que não conteve a elevação das temperaturas. Mas, com outras ações visando elevar o comprimento dos furos de gusa e o afastamento da movimentação dos líquidos da região de maior desgaste, atingiu o controle total e conseqüente redução das temperaturas a valores inferiores a 400 °C. Retornando assim aos níveis de produtividade acima de 2,5 t/d/m³.

Palavras-chave: Alto-forno; Cadinho; Desgaste.

EXTENDING THE HEARTH LIFE OF THE CSN'S BLAST-FURNACE 2

Abstract

This paper aims to present the main measures taken to effect, at the beginning of 2006 to restrain the high wearing of the hearth of CSN Blast-Furnace 2 that condemned it to an emergency repair and that limited its production to 50% less than the normal rhythm. The Blast-Furnace 2 of CSN was relined in 1991 and, in 2000 after having reached 8475 t/m³ IV of the campaign productivity, it suffered a partial repair in its hearth that aimed to give it more 6 years an increment of campaign. And at the end of 2005 it already reached the productivity of 13776 t/m³ IV, when we observed an accented elevation of the hearth temperatures in the areas around tap holes, getting to reach temperatures up to 1150 °C in thermocouple of original depth of 250 mm. After implementation of a series of measures, such as the additional array of carbon bricks that didn't contain the elevation of the temperatures. But, with other measures seeking to elevate the length of the tap holes and the removal of the movement of the liquids in the area of larger wearing, it came to the total control and to consequent reduction of the temperatures to values below 400 °C. Thus, coming back to the productivity levels above 2,5 t/d/m³.

Key words: Blast-furnace; Hearth; Wearing.

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 *Engenheiro Especialista em Alto-Forno – Companhia Siderúrgica Nacional*

³ *Gerente do Alto-Forno 2 - Companhia Siderúrgica Nacional*

⁴ *Gerente Manutenção Refratária - Companhia Siderúrgica Nacional*

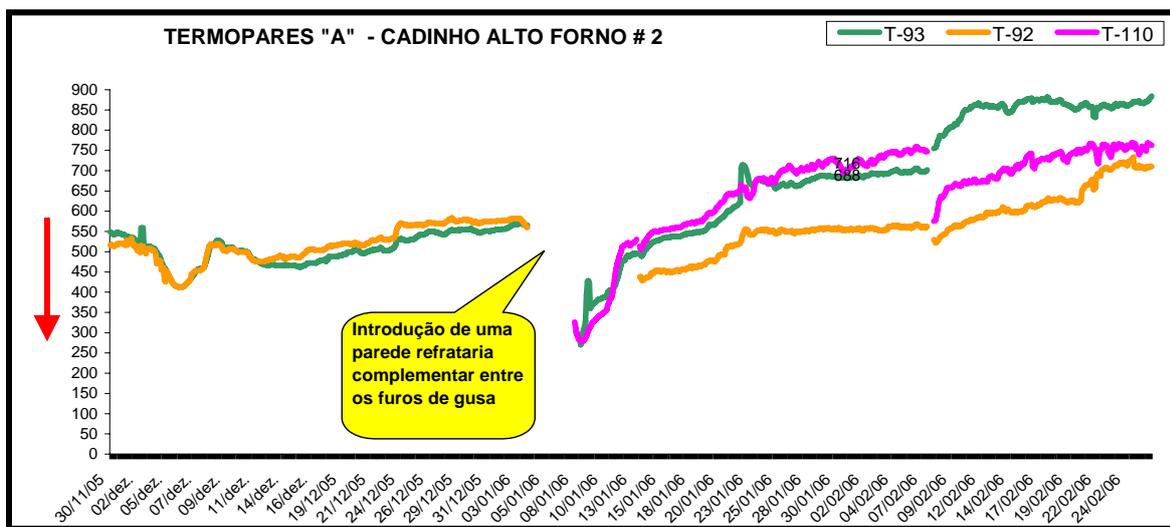
⁵ *Técnico de Sala de Corridas - Companhia Siderúrgica Nacional*

⁶ *Engenheiro Especialista em Refratários - Companhia Siderúrgica Nacional*

Introdução:

O Alto-Forno 2 da CSN entrou em operação em 15 de fevereiro de 1991, para sua quinta campanha e tinha como planejamento inicial a produção de 10.000.000 t de gusa em 10 anos. Em novembro de 2000, quando já se passavam 9 anos e 9 meses e acumulava uma produção de 14.009.671 t o forno sofreu um reparo parcial em seu cadinho, ao redor dos furos de gusa, atingindo próximo a 105° do perímetro do cadinho.

Em 2004, 4 anos depois do reparo parcial do cadinho, passa-se a observar uma elevação substancial nas temperaturas do mesmo (gráfico 1), em algumas regiões específicas (figura 1). Esta elevação de temperatura provocou uma redução na produção de gusa do forno (gráfico 2), em virtude de algumas ações tomadas para conter a esta elevação. Até o final de 2005 a produção acumulada já passava de 20.000.000 t.



Gráfico(1) de tendência de alguns termopares do cadinho do AF-2 na região de maior desgaste

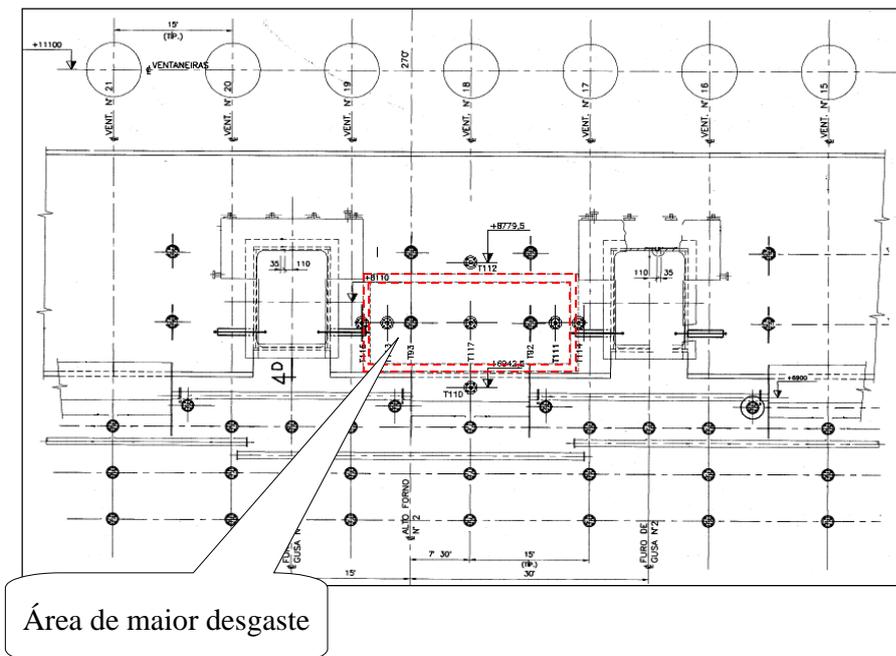
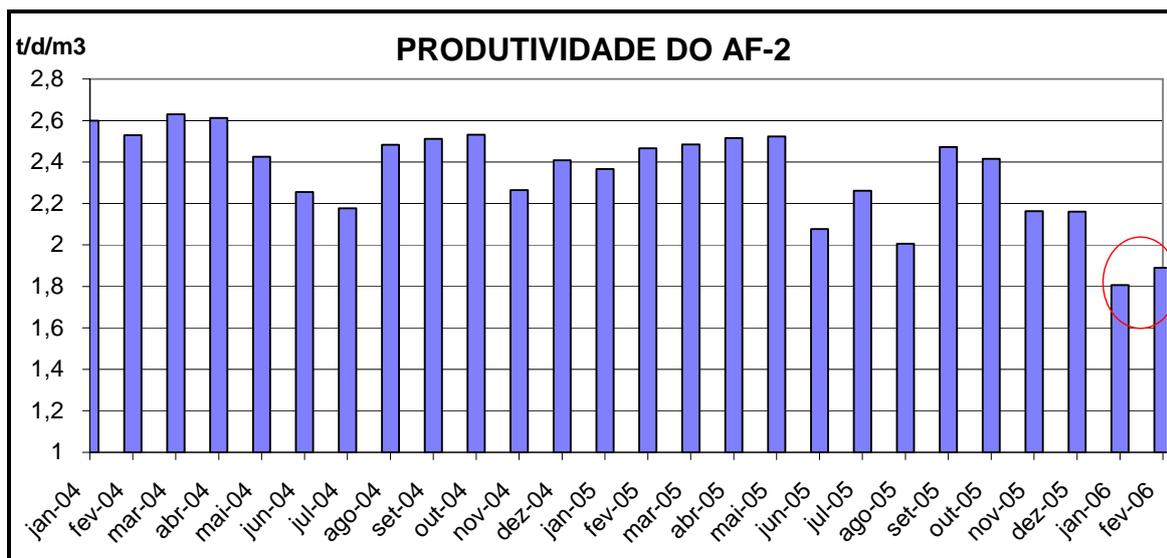


Figura (1) Região do cadinho do AF-2 de maior elevação de temperaturas



Gráfico(2) - Produtividade mensal em 2004 até fev/06

As principais ações tomadas no segundo semestre de 2005 e início de 2006 foram: o carregamento de titânio, o aumento de vazão de água na região do cadinho de maior elevação de temperatura, uma limpeza rigorosa da chaparia do cadinho, isolamento de 3 ventaneiras sobre esta região, injeção de massa a base de carbono, redução do uso de small coque de 60 para 20 kg/t, redução da taxa de injeção de carvão de 160 para 100 kg/t e principalmente o incremento de uma parede suplementar de tijolos na mesma região citada que foi realizada no início do mês de janeiro de 2006 numa parada de forno de 85 horas. Como resultado final, observa-se no (gráfico 1) que as temperaturas não reduziram ao se retornar o ritmo normal de produção de gusa. Assim, a produção do forno que era de 4200 t/d foi limitada em 3000 t/d para conter a elevação de temperatura do cadinho. Naquela época, todas as ações conhecidas para conter a elevação de temperatura foram tomadas, inclusive com contratação de assistência técnica de duas empresas internacionais, ainda assim, contrariamente a tudo que se conhecia, as temperaturas continuavam a se elevar.

Já no final do mês de fevereiro de 2006 com a implantação de outras ações, ações estas motivadoras da publicação deste trabalho, possibilitou o retorno do ritmo operacional a 4000 t/d e em dois meses com a complementação das ações, conseguiu-se atingir o ritmo de produção programado e reduziu-se de forma consistente as temperaturas da parede para menos que 400° C de forma definitiva.

Objetivo:

O objetivo deste trabalho é o de divulgar o excelente resultado alcançado no Alto-Forno 2 da CSN, ao se prolongar a vida do cadinho por pelo menos 2 anos mais, após ter-se atingido temperaturas muito altas na parede do mesmo, situação esta considerada normalmente como final de campanha, inclusive pela assistência técnica externa que tinha-se contratado na época, e que passou a se preocupar muito mais com os preparativos para o reparo do cadinho do que mantê-lo operando.

Material e Método

A metodologia adotada foi principalmente a de se remover os pontos de turbulência de líquidos da região de maior desgaste para outras regiões mais preservadas do cadinho, deslocando assim o ponto de capitação de gusa através do aumento do comprimento dos furos de gusa e da mudança parcial da movimentação de líquidos no plano horizontal. O deslocamento do ponto de capitação de gusa através do aumento do comprimento dos furos de gusa, também já havia sido tentado, mas com ações tradicionais que levaram a atingir melhores resultados, porém ainda distante do necessário, conforme pode ser observado no gráfico (3), a média do último mês (fev 2006).

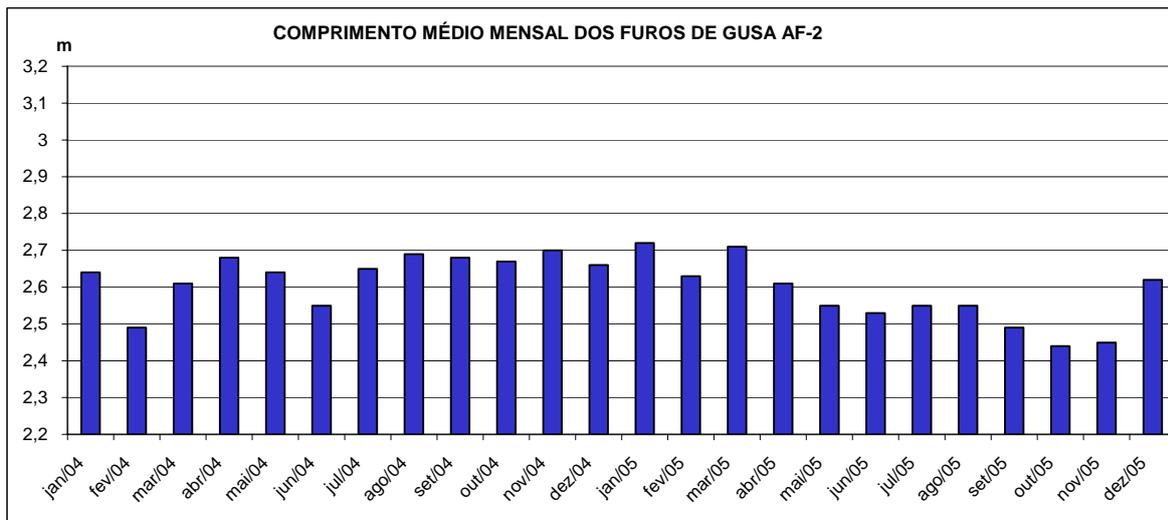


Gráfico (3) mostra o comprimento médio mensal dos furos de gusa, até fevereiro 2006

As principais ações que levaram realmente a aumento do comprimento dos furos de gusa e a queda das temperaturas de forma consistente e segura foram:

I – Alteração do ângulo dos furos de gusa de 10 para 14°

I.1) Inclinação original de projeto:

As perfuratrizes do Alto Forno 2 foram projetadas pela Paul Wurth e podiam trabalhar num ângulo de inclinação que varia de 08 a 10 graus.

I.2) Solução apresentada:

Uma vez que o projeto original não permitia uma inclinação superior a 10 graus de inclinação, a solução adotada foi de se alterar o projeto das perfuratrizes. Para tal alteração foi contratada a Paul Wurth do Brasil, que elaborou um estudo e definiu quais as peças das perfuratrizes precisariam ser alteradas para que se obtivesse a inclinação de 14 graus. Este estudo era bastante delicado, uma vez que era necessário se alterar a inclinação das perfuratrizes, mas o nível da extremidade da broca, bem como sua linha de centro não poderiam ser alterados uma vez que isto alteraria a localização dos furos de gusa além de interferências com os canhões de lama. Após efetuado um estudo, em conjunto, chegou-se a conclusão que deveriam ser projetados um novo chassi da suspensão e um novo eixo interno da junta

rotativa, além de se definir novos valores de regulagem para os seguintes componentes: eixo dentado, tensor e haste da guia.

I.2.a) Montagem das novas peças e novas regulagens:

Para permitir a montagem das novas peças e efetuar as novas regulagens dos componentes, foi programada uma parada de 50 horas das perfuratrizes. As paradas foram feitas de maneira alternadas, sendo o furo de gusa nº 1 o primeiro a ter a perfuratriz alterada (12/3/2006) e o furo de gusa 2 em 10/4/2006. Durante a parada o Alto Forno operou-se com apenas um furo de gusa. A instalação das novas peças, bem como a execução das novas regulagens, teve o acompanhamento integral do corpo técnico da CSN e da Paul Wurth.

Além das ações conjuntas com a Paul Wurth, também foram necessárias as seguintes modificações:

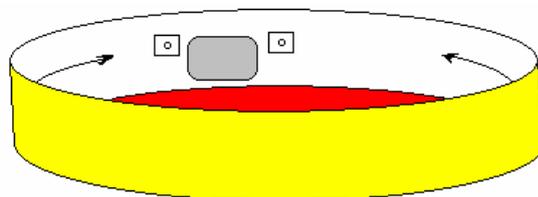
- aumento no comprimento das vigas das perfuratrizes;
- aumento no comprimento das ferramentas de vazar o Alto Forno;
- alteração da tubulação de ar comprimido;
- alteração nas juntas rotativas da tubulação;
- alteração na coifa de captação do despoejamento, devido interferências;
- instalação de compressor dedicado para as perfuratrizes, para garantir a pressão de ar comprimido de 7 bar;

I.3) Ganhos adicionais:

Com a nova inclinação, obteve-se um outro ganho que foi uma maior altura da estrutura da perfuratriz, na posição de estacionada. Isto facilitou a inserção/troca das ferramentas de vazar, pois o operador passou a ficar numa posição, no ponto de vista ergonômico, mais favorável.

II – Vazamento de gusa com dois furos abertos ao mesmo tempo:

Esta também foi uma ação importantíssima para a retirada da movimentação de líquidos na região de maior desgaste. A observação básica foi, que o ângulo entre os furos de gusa é de 42° e, conforme pode-se observar no desenho esquemático abaixo (figura 2) é exatamente esta região que sofreu o maior desgaste. Isto é de fácil entendimento uma vez que em nenhuma outra região há a passagem de todo o gusa produzido. Com base nesta observação foi que tivemos a idéia de implantar o vazamento paralelo e assim quanto maior o tempo de corrida em paralelo, menor a movimentação de líquidos naquela região crítica.



(figura 2) Desenho esquemático do cadinho do AF-2, mostrando a área de maior desgaste e o sentido de movimentação dos líquidos em relação aos furos de gusa

Principais ações para implantação do vazamento em paralelo:

- Alteração das rotinas de manutenção eletro-mecânica das máquinas de furar e canhões de lama;
- Aumento do volume de mão de obra de operação de sala de corridas;
- Alteração das necessidades de consumo e aprovisionamento de ferramentas para vazamento e massa de fechamento;
- Alteração das rotinas de manutenção dos canais principais, secundários, bicas e canais de escória;
- Alteração dos diâmetros das brocas e barras de vazamento, dos tempos de vazamento e do número de corridas por dia;
- Interligação dos canais secundários na região das bicas para possibilitar o vazamento em paralelo ;
- Alteração nas rotinas de confecção de blocos de refratário divisor . Por ainda não possuir bica basculante, o desvio de gusa de um carro torpedo para outro ainda é feito durante a corrida com a mudança de nível dos canais das bicas fixas.
- Dentre outras.

III – Uso de escórias mais básica:

Observou-se também que a região de maior elevação de temperatura, após o aumento dos comprimentos dos furos de gusa e implantação do vazamento em paralelo, passou a ficar na região da escória e ao se formar um cascão de proteção com escória de maior basicidade, o mesmo passou a reduzir a temperatura de modo consistente. A manutenção desta escória básica tem sido uma das principais ações complementares para a garantia da continuidade operacional do alto-forno. Por alguma razão de descontrole de qualidade de matérias primas, houver a ocorrência eventual de escórias ácidas (< 1.20), de imediato observa-se a elevação das temperaturas da referida região desgastada, comprovando o que foi dito inicialmente. O gráfico (4) mostra a evolução da basicidade média mensal da escória do AF-2, de 2004 a 2006, onde pode-se observar a elevação da basicidade média da faixa anterior de 1.20 a 1.26 para a faixa atual de 1,24 a 1.30.

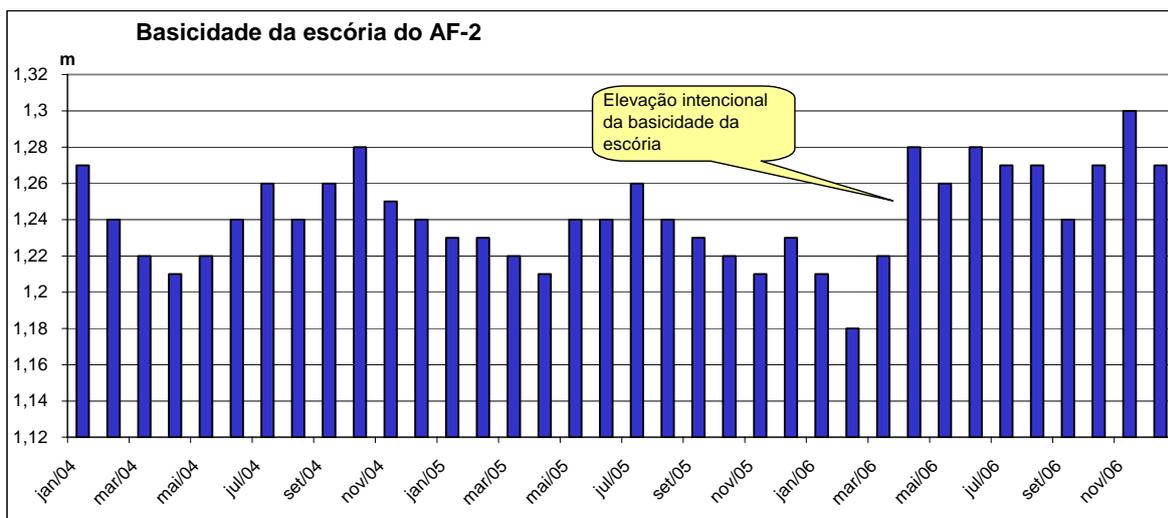


Gráfico (4) - Evolução da basicidade média da escória do AF-2

IV – Aumento do teor de silício do gusa:

Objetivando a formação de cascão de proteção e aumento do teor de titânio deste, passou-se a trabalhar com o forno mais quente, favorecendo assim as reações de redução de SiO₂ e dos óxido de titânio. O gráfico (5) mostra a evolução das temperaturas do gusa e do teor de silício que passou a ser mais alto na media e com menor desvios.

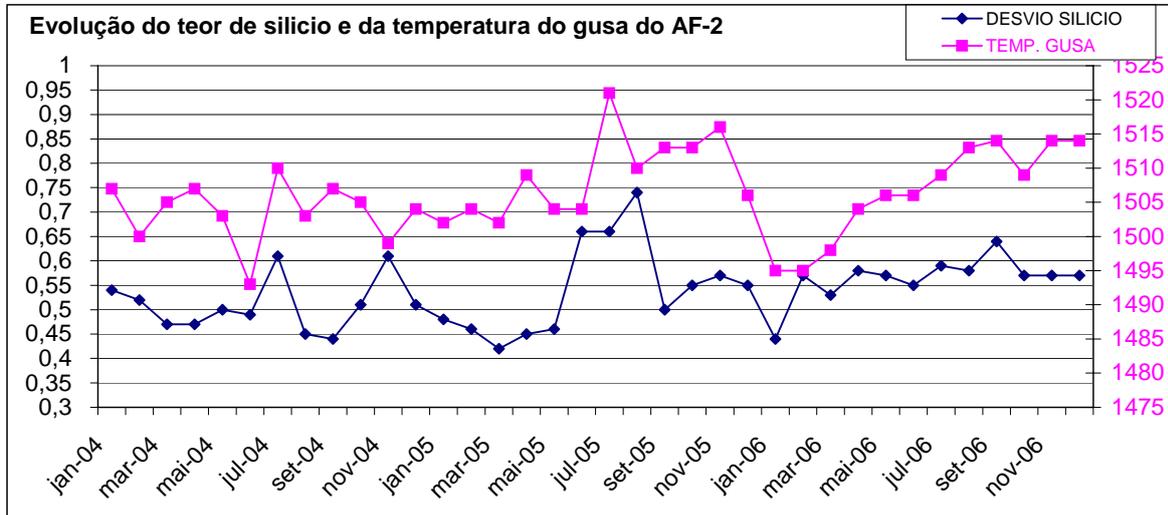


Gráfico (5) - Evolução da temperatura e do teor de silício médio (mensal) do gusa

Resultado

A implantação dessas ações e os resultados obtidos com o efetivo aumento do comprimento dos furos de gusa (gráfico – 6), reduziram substancialmente as temperaturas do cadinho na região mais desgastada (gráfico – 7) e principalmente propiciou o retorno da produtividade do forno próximo aos patamares anteriores (gráfico – 8). Nestes três últimos gráficos pode-se observar que ao longo do tempo de implantação das ações acima citadas, realmente o Alto-Forno 2 da CSN voltou aos ritmos normais de produção.

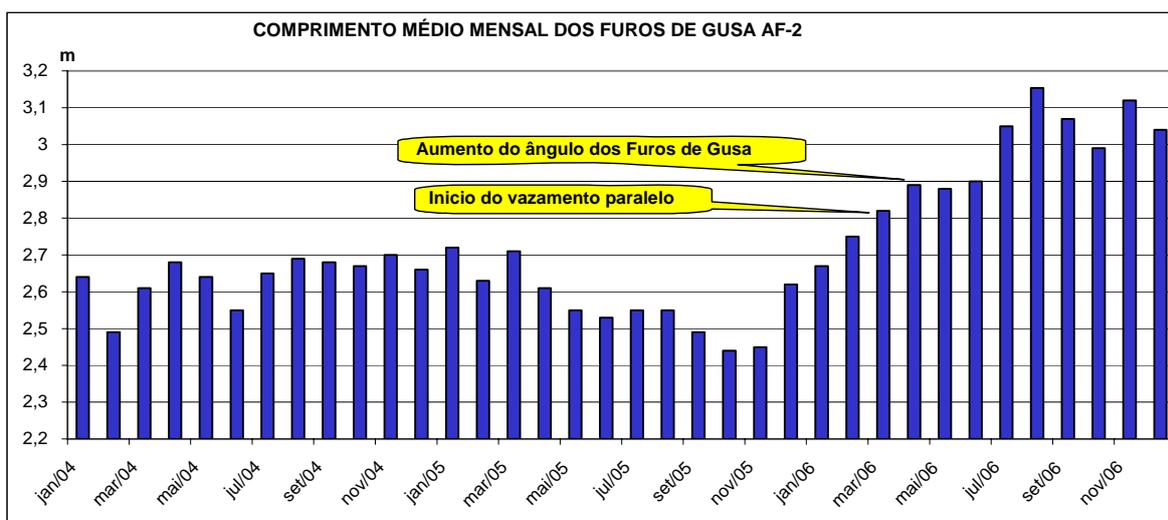


Gráfico (6) - Evolução do comprimento médio dos furos de gusa

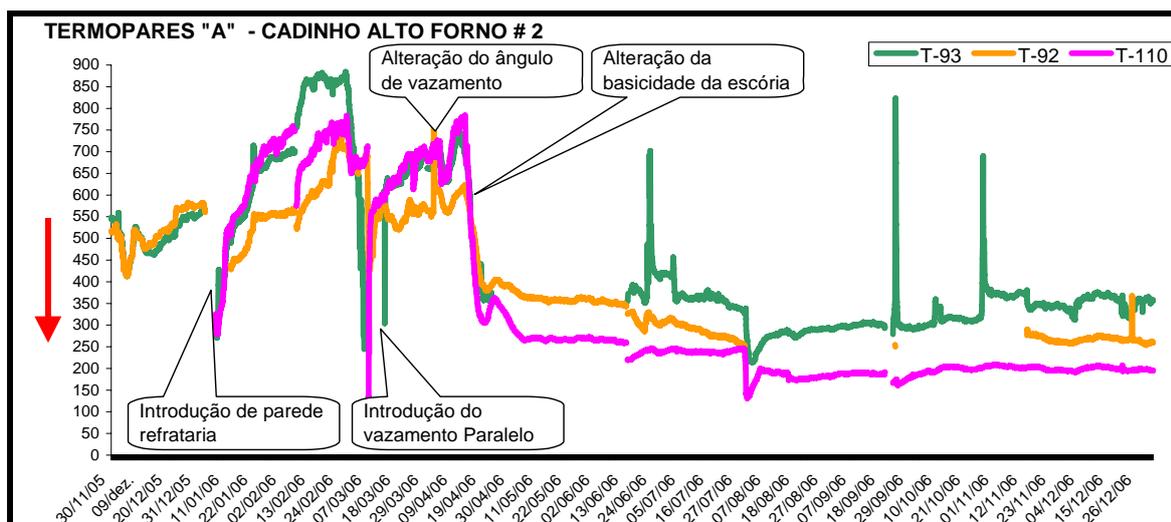


Gráfico (7) – Evolução das temperaturas do cadinho e as principais ações tomadas para a sua redução.

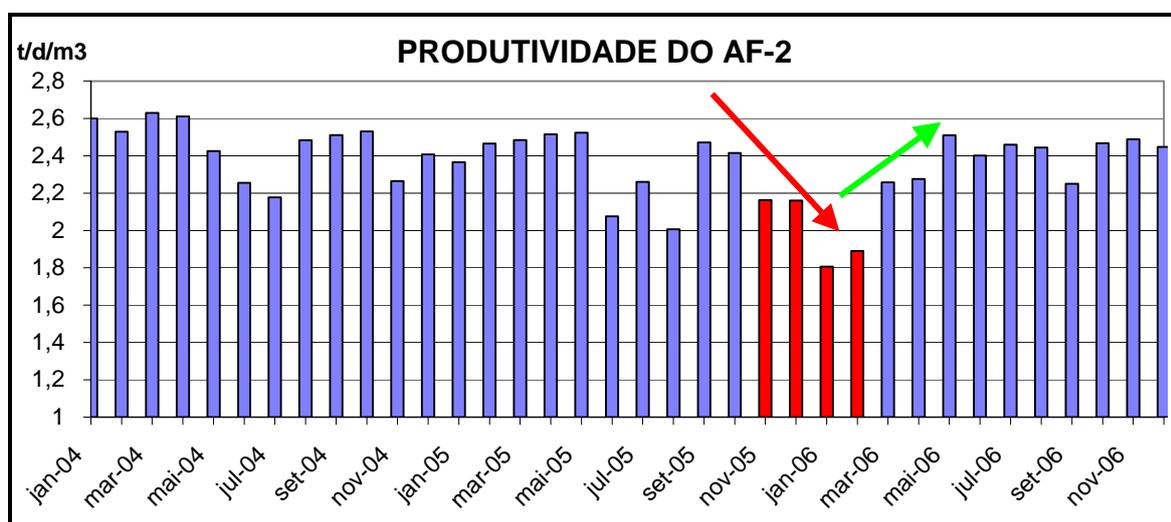


Gráfico (8) - Mostra a redução de produtividade no final de 2005 e início de 2006 assim como sua recuperação e manutenção a níveis de 2,4 t/m3 IV

Conclusão:

Como resultado final da implantação de todas as ações, fica comprovado o prolongamento da campanha do cadinho do Alto-Forno 2 que tinha sua vida praticamente encerrada, em virtude da elevação constante das temperaturas de parede adjacente aos furos de gusa. O que não se conseguia com ações tradicionais, a expectativa atual de campanha já é de operar até março de 2008, prolongando-se assim por mais 2 anos a atual campanha do forno. Os gráficos (6, 7 e 8) mostraram o aumento do comprimento dos furos de gusa, a queda das temperaturas dos refratários e principalmente o retorno ao ritmo de produção normal, com as principais ações tomadas na unidade do tempo.