

OTIMIZAÇÃO DAS PRÁTICAS OPERACIONAIS DA ACIARIA, PARA MELHOR UTILIZAÇÃO DO GUSA DURANTE A PARADA E RETORNO DO AF#3¹

*Andersom de Almeida Lazaroni²
Antônio Carlos Sant'anna da Silva²
Otávio Machado Filho²*

Resumo

No início de 2006 ocorreu um acidente no topo do Alto-forno 3 da CSN. Durante os 6 meses de reparo do mesmo a produção de gusa ficou reduzida, apenas com o Alto-forno 2. Em condições normais a aciaria trabalha com 3 conversores carregando aproximadamente 84% de gusa, produzindo em média 67 corridas por dia. No refino secundário 60% das corridas são tratadas nas estações de borbulhamento, 30% no RH e 10% entre forno panela e corridas direto para as 3 máquinas de lingotamento contínuo. Com a oferta de gusa reduzida em 70%, foi necessário adequar os procedimentos operacionais da aciaria para esta nova condição, objetivando alcançar o máximo de produção com um menor consumo de gusa. Adequamos a carga dos conversores, os padrões de vazamento, as rotas e padrões de refino secundário, objetivando trabalhar com um gusa na carga em torno de 78%. O presente trabalho abrangeu também desenvolvimento para maximizar o consumo do gusa com Si mais elevado, produzido no retorno do alto-forno 3 a operação após o reparo, sem provocar riscos a segurança e sem agredir o meio ambiente.

Palavras-chave: Alto-forno; Gusa; Aciaria; Produção.

STEEL PLANT OPERATIONAL PROCEDURES FOR HOT METAL RATIO IMPROVEMENTS DURING THE BLAST FURNACE 3 REPAIRING

Abstract

In the beginning of 2006 an accident in the top of blast furnace 3 of CSN occurred. During the 6 months of repair, a production of hot metal was reduced, from blast furnace 2. In normal conditions our steel making plant functions with 3 converters, loading approximately 84% of hot metal, producing in average 67 heats per day. In secondary refining 60% of the heats are dealt with in the bubbling stations, 30% in RH and 10% between direct PF and heats for the continuous casting machines. Since the offers reduced in 70%, it was necessary to adjust the operational procedures of steel making for the new condition, objectifying to reach the maximum of production with a lowest consumption of hot metal. We adjust the load of the converters, the standards of tapping, the routes and standards of secondary refining, objectifying to work with one hot metal in the load around 78%. The current work also enclosed development to maximize the consumption of hot metal with higher content silicon, produced in the return of blast furnace 3 for the operation after repair without provoking risks regarding the security and attacking the environment.

Key words: Blast furnace; Hot metal; Steel making plant; Production.

¹ *Contribuição técnica a ser apresentada no XXXVIII Seminário de Aciaria – Internacional, 20 a 23 de maio de 2007, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

² *Engenheiro Metalurgista, Gerência de aciaria da CSN*

INTRODUÇÃO

A Companhia Siderúrgica Nacional – CSN possui 2 alto-fornos, o alto-forno 2 com capacidade de 4100 t/dia e o alto-forno 3 com capacidade de 10500 t/dia, uma aciaria com 3 conversores de 230 t, 2 estações de borbulhamento, 1 RH, 1 forno panela, 3 Máquinas de Lingotamento Contínuo de placas de 2 veios cada uma, mostrada na Figura 1.

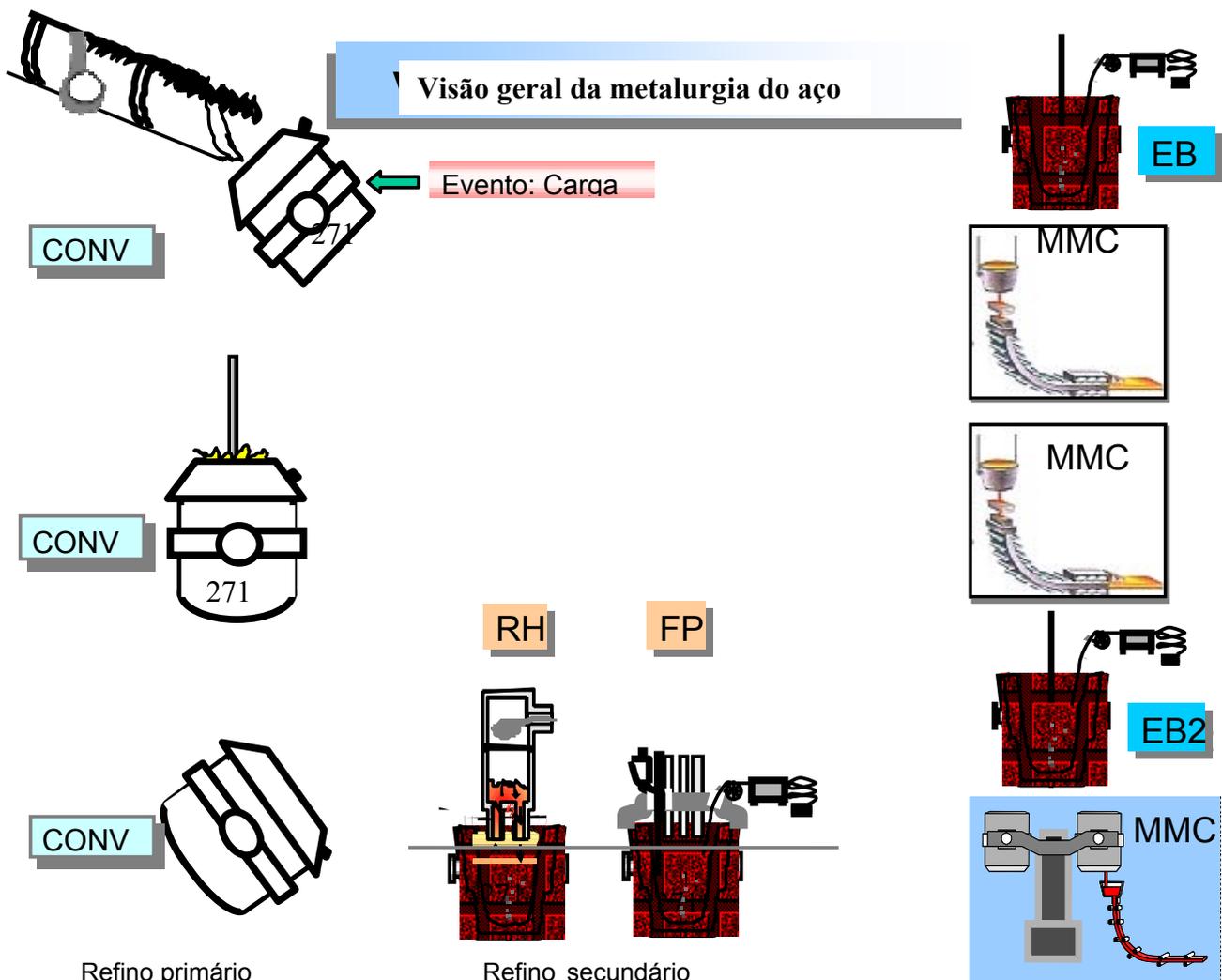


Figura 1 – Visão geral da metalurgia do aço.

O programa de aço líquido para 2006 era de 5.550.000t, mostrado na Figura 2, com um % de gusa na carga de 84%, mostrado na Figura 3.

No dia 22 de janeiro de 2006, ocorreu um acidente com o topo do alto-forno 3, limitando a aciaria ao gusa do alto-forno 2 (+ - 30% da produção). A CSN foi obrigada a entrar no mercado de placas para garantir o atendimento dos seus clientes, bem como utilizar o seu estoque de placas. Porém a colocação de placas compradas na usina, na grande maioria importada, levaria em torno de 3 meses e o nosso estoque não era suficiente para abastecer o laminador por 1 mês. Iniciamos

então um trabalho de otimização do consumo de gusa objetivando uma maior produção de placa, onde foi proposto trabalharmos com 80% de gusa na carga.



Figura 2 – Evolução da produção de aço líquido na CSN

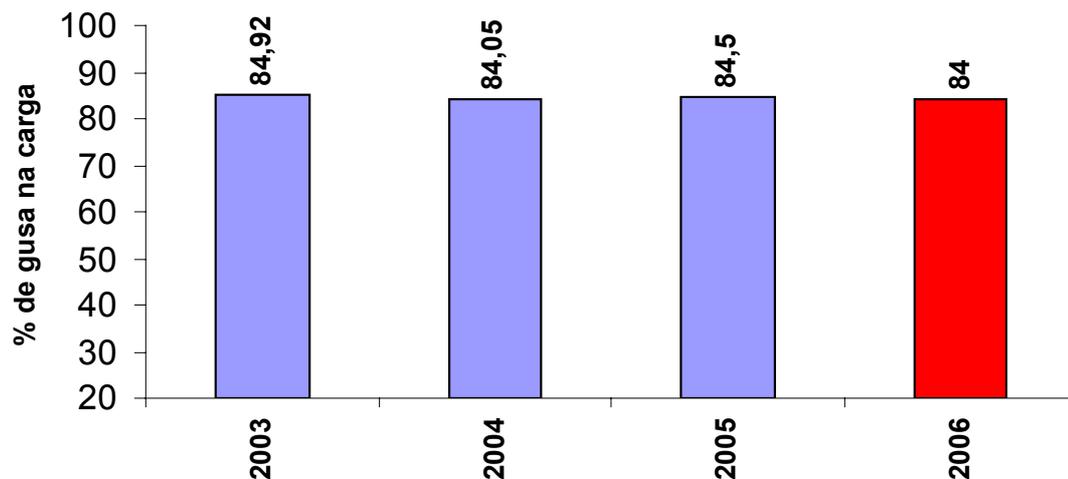


Figura 3 – % de gusa na carga praticado e o planejado para 2006 na CSN

DESENVOLVIMENTO

Com a oferta de gusa limitada a produção do alto-forno # 2, tornou-se necessário trabalhar o balanço de massa para reduzir o % de gusa na carga e aumentar a produção de aço líquido e conseqüentemente a produção de placas.

Produção de aço = (gusa/%gusa) x Rendimento de ferro

%gusa = gusa / (gusa + sucata)

Juntamente com o balanço de massa foi analisado o balanço térmico, visto que ambos formam os princípios básicos para o acerto da corrida no final de sopro.

O balanço térmico das corridas na aciaria é a relação entre o calor de entrada e de saída do sistema.

Calor de entrada :

- Temperatura do gusa
- Reação de oxidação dos elementos do gusa

Calor de saída:

- Temperatura do aço
- Temperatura da escória
- Temperatura dos gases
- Perdas térmicas (Ex.: refratário)

Como podemos ver, o gusa é a principal fonte de calor do sistema e para um melhor fechamento do balanço térmico é ideal que o calor de entrada seja ligeiramente maior que o calor de saída, para que ocorra uma pequena correção com minério de ferro.

Principais condições adversas para o fechamento do balanço térmico da corrida, provocadas pela menor oferta de gusa:

- Redução da produção diária de 68 para 20 corridas;
- Resfriamento excessivo dos equipamentos revestidos com refratário (carros torpedo, conversores e painéis de gusa).
- Necessidade de acumular gusa para início da sequência, pois o Alto-forno # 2 libera 1 carro torpedo a cada 1h e 45 min e a aciaria produz uma corrida a cada 40 min. ;
- Queda excessiva da temperatura do Gusa (figura 4)

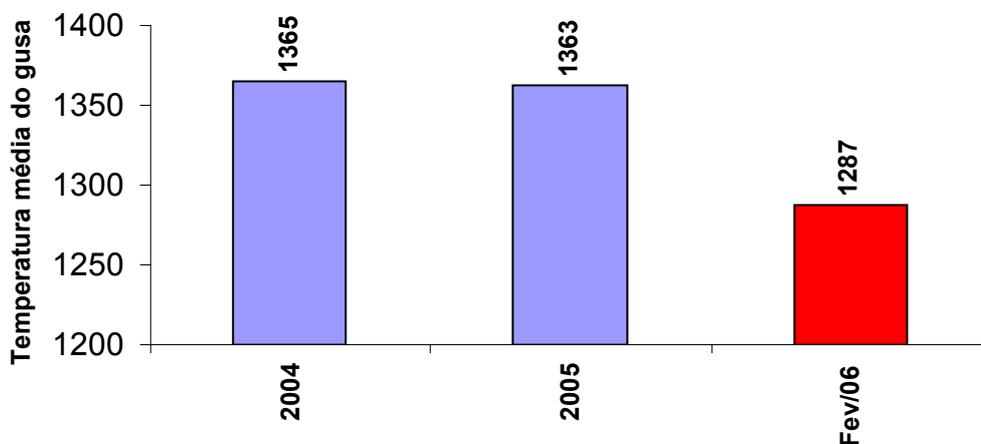


Figura 4 – Temperatura média do gusa 2004 e 2005 e fev. 2006 (1º mês após acidente).

- Produção estratégica de aços especiais , a aciaria produziria os aços especiais para comprarmos placa externa de menor custo (Figura 5).
- A produção de aços IF e D&I com rota RH requer temperaturas elevadas de fim de sopro, normalmente acima de 1690°C. Porém com o baixo ritmo de produção (painéis e conversores frios) esta temperatura subiria de 10 a 15°C.

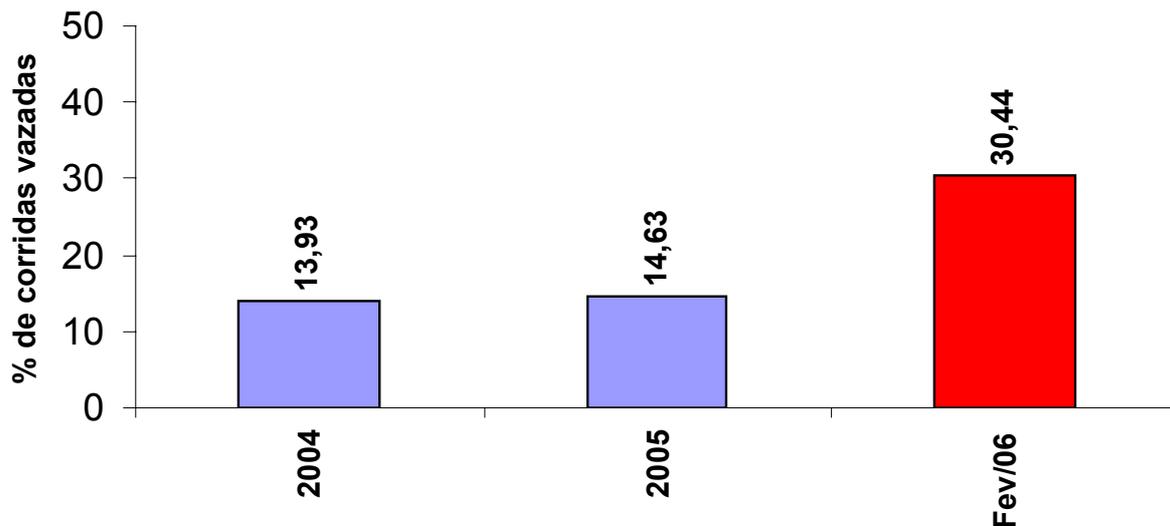


Figura 5 - % de aços especiais 2004 e 2005 e fev. 2006 (1º mês após acidente).

d) A rota de produção via estação de borbulhamento, que representa 65% da produção, não tem equipamento para aquecimento da corrida, o que nos forçaria a vaziar as corridas com temperaturas acima das atuais para compensar as maiores perdas térmicas por falta de ritmo (temperatura do refratário) dos conversores e painéis de aço, a figura 6 mostra a temperatura média de fim de sopro praticada na CSN.

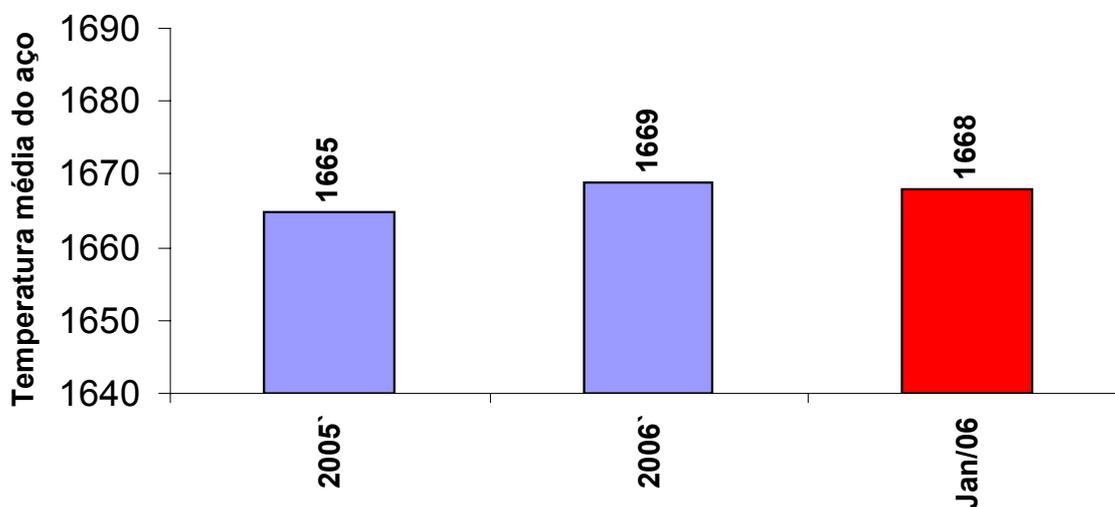


Figura 6 – Temperatura média do aço no fim de sopro

Em função das condições adversas apresentadas e mantendo as condições operacionais padrão, teríamos que aumentar o percentual de gusa na carga de 84% para 89%, ao invés de reduzi-lo.

Através do cálculo de carga mostrado abaixo, podemos visualizar a condição descrita acima.

MODELO DE OXIGÊNIO			
Número da Corrida: 6C1110			
DADOS_GUSA			
Temperatura: 1278 °C	Peso Escória: 1600 Kg		
C: %	Si: 0.44 %	Mn: 0.60 %	P: 0.071 % S: 0.005 %
AÇO FS OBJETIVADO			
Grau: 4013	Temp.: 1690 °C	C: 0.05 %	P: 0.015 % Peso aço: 227973 Kg
CONTROLE			
Vida: 1160	BM: 1.01	BH: 1.00	
CARGA			
Gusa:	225882 Kg	Cal:	7043 Kg
Sucata:	27900 Kg	Cal dol:	5386 Kg
Sucata Fe:	Kg	Sodalita:	Kg
FeSi:	Kg	Quartzito:	Kg
Dol crua:	Kg	Coque:	Kg
Retorno:	t	Cascão boca:	t
		Minério:	1545 Kg
		Oxigênio:	10699 Nm ³
		Min_s11:	485 Kg
		O2_s11:	9520 Nm ³

Figura 7 – Cálculo de carga de uma corrida na aciaria da CSN

Na verdade então, o nosso desafio real foi ainda maior, pois tínhamos que trabalhar com todas as condições adversas a redução do % de gusa na carga.

Para conseguir o sucesso na redução do % de gusa na carga tínhamos que atuar nos seguintes itens:

- Redução das perdas térmicas dos equipamentos revestidos com refratário;
- Fornecimento de calor para o sistema em substituição ao gusa;
- Redução da temperatura necessária para vazamento da corrida.

PLANO DE AÇÃO

1 - Redução das perdas térmicas

1.1 - Panela de gusa

- Operar apenas com 1 panela de gusa
- Colocar a panela no aquecedor após carregar a última corrida da sequência até que a última panela de aço vazada nesta sequência termine o lingotamento e seja preparada para voltar ao aquecedor.

1.2 - Conversores

- Operar com 1 conversor
- Fazer slag splashing em 100% das corridas, a cobertura do refratário com a escória diminui a perda térmica do refratário.
- Utilizar hot pote no intervalo da sequência das corridas. O hot pote é a prática de colocar o conversor de boca para baixo, adicionar coque no pote com escória

da última corrida e posicionar este pote embaixo do conversor, o coque irá queimar gerando calor que mantém o conversor aquecido por algum tempo.

2 - Fornecimento de calor para o sistema

Utilização de material exotérmico - Devido a baixa temperatura do gusa optou-se por trabalhar com FeSi, pois a reação de oxidação do Si gera calor:



3 - Redução da temperatura necessária para vazamento da corrida

Objetivar vazamento de 100% das corridas via forno panela – Devido a facilidade de aquecimento no forno panela o objetivo era vaziar todas as corridas via forno panela com temperaturas em torno de 1540°C, porém devido o tempo de tratamento de uma corrida no forno panela ser maior que o tempo de lingotamento além de termos um índice de desvio por composição química maior do que nos outros equipamentos, foi desenvolvido uma rota dupla FP/RH, onde a corrida era aquecida no forno panela, então podíamos vaziar com temperaturas baixas e após era transferida para o RH onde era feita a correção da composição química, garantindo um maior acerto na composição química. Para minimizar o desgaste da panela adicionava-se cal dolomítica durante o vazamento da corrida e desoxidava-se parcialmente a corrida (para o custo o ideal era desoxidar totalmente a corrida no RH), os limites de vazamento foram mantidos para o P o do forno panela e para C e S o do RH.

4 – Outras ações para garantir a coordenação e não ocorrer desperdício de gusa

4.1 Coordenação - Foi criado um roteiro em função do número de torpedos cheios e o número de corridas na sequência, para garantir o atendimento da sequência mantendo o carro torpedo cheio o menor tempo possível, como segue abaixo:

Iniciar a pesagem do gusa:

- a) Sequência de 3 corridas : Quando 2º Ct chegar na EDG
- b) Sequência de 4 corridas : Quando 3º Ct chegar na EDG
- c) Sequência de 5 corridas : Quando 3º Ct for liberado da EDG
- d) Sequência de 6 corridas : Quando encher o 4º torpedo

4.2 Modelo para cálculo de gusa na carga – criamos um modelo para servir de guia para o operador objetivando o menor % de gusa na carga possível, onde usamos como premissa a temperatura estimada do gusa na panela, o Si do gusa e a temperatura objetivada no final de sopro e um quantidade máxima de adição de FeSi.

4.3 Novo sistema para medição do nível do banho – Um dos principais controles operacionais de uma aciaria é a altura do nível do aço no conversor para ajuste da altura do sopro da lança de oxigênio, esta altura é importante tanto para a segurança (furo na lança) como para o processo (ex.: FeO da escória). Normalmente era utilizado um sensor na sub-lança para medição no gusa, porém necessitávamos de uma carga com 100% de gusa e como esta medição era a cada 10 corridas aumentaria 2% na média diária de gusa na carga.

Desenvolvemos então o sensor para medição de sola, que faz a medida da altura do fundo do conversor vazio e através desta medida calcula-se a altura do nível do aço.

PLANO DE AÇÃO PARA RECEBIMENTO DO GUSA NO VOLTA DO AF#3

A curva de retorno do alto-forno 3, apontava um percentual elevado de Si nos 5 primeiros dias, conforme gráfico abaixo:

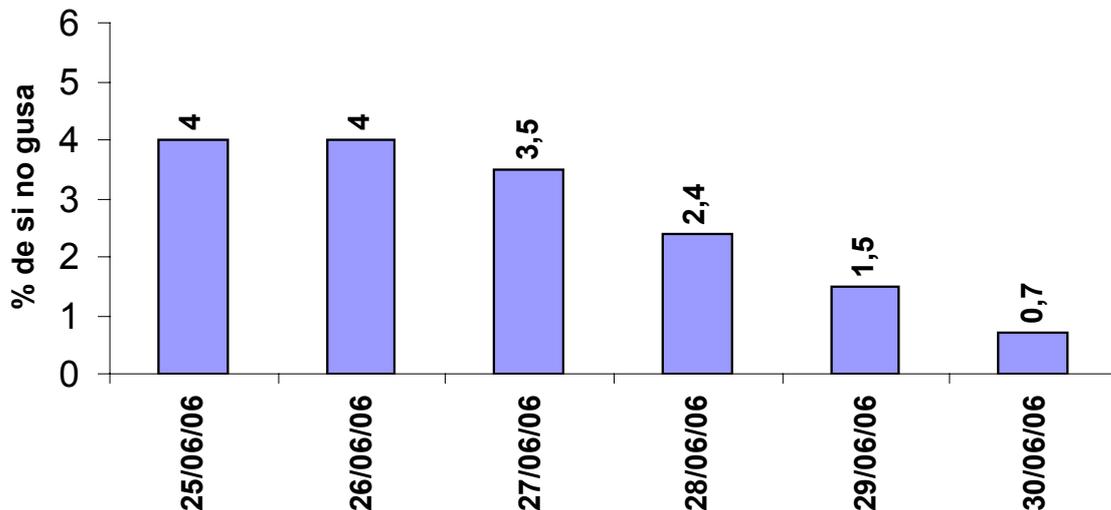


Figura 8 – gráfico da curva do % Si no gusa na volta do alto-forno 3

Com um % de Si muito alto, aumenta muito a quantidade de escória gerada no sopro da corrida na aciaria, provocando assim projeção de metal/escória, principalmente na 2ª etapa de sopro quando aumenta a geração de gases, aumentando assim o risco de ocorrer fuga no lanternim (emissão de particulados para a atmosfera) e obrigando a grandes limpezas no poço antes de vazar a corrida(agarramento do carro pote ou carro panela no poço).

Para aproveitar o gusa com teores de Si até 2,5%, dois procedimentos foram criados:

1º - Misturar o gusa do alto-forno 3 com o do alto-forno 2

2º - Se após a mistura o % de Si continuar acima de 0,80%, utilizar o procedimento de dupla escória, como a seguir:

- Fazer uma adição parcial de fundentes
- Interromper o sopro a aproximadamente 25% de sopro
- Retirar parte da escória formada
- Reiniciar o sopro e completar as adições de fundentes

RESULTADOS OBTIDOS

Com estes procedimentos conseguimos reduzir o percentual de gusa na carga de 89% , valor necessário em função das condições operacionais, para 79,52 % de gusa na carga, valor ligeiramente melhor que o esperado. A temperatura de fim de sopro caiu de 1669 , média de 2005 , para 1655. Alguns efeitos colaterais negativos apareceram, como um menor rendimento de ferro e uma diminuição na vida das panelas porém no balanço final o ganho com o aumento na produção de placas foi maior que as perdas.

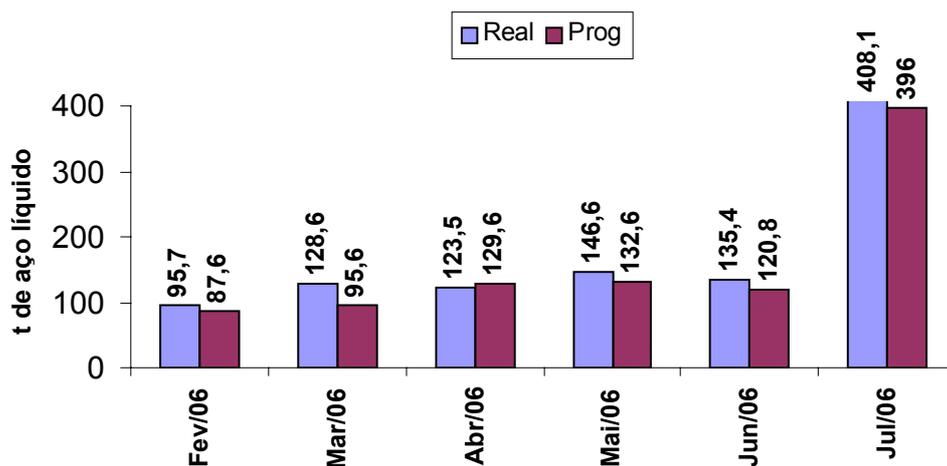


Figura 9 – Gráfico comparativo entre a produção de aço líquido programada e real

CÁLCULO DO GANHO DE PLACAS

Cálculo da economia obtida no período utilizando os valores obtidos de fevereiro a julho de 2006, durante a parada do AF#3.

Produção de placas com base no PVP:

Produção de gusa = 925763 t

Rendimento de gusa = 0,985

% gusa na carga necessário = 0,89

Rendimento de ferro = 0,91

Rendimento de máquina = 0,9827

$925723 \times 0,985 / 0,89 \times 0,91 \times 0,9827 = 916238,4$ t de placa

Produção de placas com as alterações implementadas

Novo % de gusa na carga = 0,7952

Novo rendimento de ferro = 0,8983

Novo rendimento de máquina (redução do sequencial médio) = 0,9756

$925723 \times 0,985 / 0,7952 \times 0,8983 \times 0,9756 = 1004970$ t de placa

Diferença na produção de placa

$1004970 - 916238 = 88731$ t de placas a mais

CONCLUSÕES

O presente trabalho possibilitou uma grande redução no percentual de gusa na carga atingindo valor médio no período de 79,87% e a utilização de gusa com % Si elevado. A prática implantada proporcionou um acréscimo de produção de placa de 88731 t, minimizando o impacto de não atendimento aos clientes, atendendo a legislação ambiental vigente e respeitando as normas de segurança. Além disto, o acréscimo possibilitou uma grande economia devido a menor necessidade de compra de placa externa .

BIBLIOGRAFIA

- 1 MARTINS, Antônio Augusto de Rezende; . **Fabricação de aço em forno básico a oxigênio** –Belo Horizonte: ABM, 2004.
- 2 CAMPOS, Vicente Falconi: **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia**,