

OPERAÇÃO DO ALTO FORNO Nº2 DA CSN COM 2 REGENERADORES DURANTE A REFORMA DO REGENERADOR Nº1 ¹

Sebastião Jorge Xavier Noblat²
Francisco Nóbrega de Aguiar²
Reginaldo de Souza Roma³
Marcio José Mariano da Silva⁴
André José de Souza Monsôres⁴
Eduardo Rezende Belei⁵
Roberto de Oliveira Mariano⁶
João Cláudio Roque⁷

Resumo

O presente trabalho tem por objetivo apresentar as ações implementadas antes da parada para reforma do regenerador nº1 do Alto Forno 2 da CSN, visando garantir a continuidade e estabilidade operacional do forno. Apresenta também seu desempenho operacional obtido com a operação de apenas dois regeneradores, durante o período de reforma do regenerador nº1. Por final será apresentado um comparativo entre este resultado e o obtido no período de operação do forno 2 durante a reforma do regenerador 3, realizado em 2002.

Palavras-chave: Regenerador; Operação; Alto-forno.

BLAST FURNACE Nº2'CSN OPERATION WITH TWO HOTSTOVES DURING REVAMP HOTSTOVE Nº1

Abstract

This paper has for objective to present the actions implemented before stoped to repare of the Hotstove nº1 CSN'Blast furnace 2, aiming to keep operational continuation and estabilization of furnace. Present too its operational performance obtained with only two Hotstoves in operation, during Hotstove nº1 repare. In the and will be presented a comparative between this Blast furnace 2 operation result and its result during repare of the Hotstove nº3 in 2002.

Key words: Hotstove; Operation; Blast furnace.

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 de Alto Forno – CSN*

³ *Gerente de Operação de Alto Forno – CSN*

⁴ *Engenheiro de Alto Forno – CSN*

⁵ *Engenheiro de Manutenção Eletrônica dos Altos Fornos – CSN*

⁶ *Técnico de Manutenção Eletrônica dos Altos Fornos – CSN*

⁷ *Supervisor de Manutenção Mecânica dos Altos Fornos – CSN*

1 INTRODUÇÃO

A CSN possui em operação 2 altos fornos que produzem atualmente 14800 t/d de gusa, sendo 10600 t/d no alto forno 3 que possui um volume interno de 4237 m³ e 4200 t/d no alto forno 2 com 1653 m³, este em operação desde 18-02-1991 na atual campanha.

O alto forno 2 possui 3 regeneradores com câmara de combustão interna e queimadores metálicos.

Em 2002 foi realizado a reforma do regenerador nº3 ficando este regenerador indisponível para operação por 90 dias, sendo necessário operar o forno 2 durante este período com 2 regeneradores. A experiência adquirida na ocasião com este evento, dotou a equipe técnica dos altos fornos de um conhecimento diferenciado no que concerne a operação de um alto forno com 2 regeneradores.

Ao longo dos 2 últimos anos, o regenerador nº1 que na ocasião sinalizava a mesma tendência, apresentou uma piora acentuada das condições de seu refratário, principalmente no domo que indicou perdas sucessivas de tijolos, problema também observado na experiência anterior do regenerador nº3, sendo necessário reduzir a temperatura de domo deste regenerador, o que limitou a capacidade de aquecimento do ar soprado, tendo sido a temperatura de sopro reduzida de 1120° C para 1080° C, implicando conseqüentemente em elevação do custo do gusa.

Além disto existia o risco operacional de paralisação completa deste regenerador por break out de seu empilhamento, visto que os tijolos da região do domo estavam em progressiva queda sobre o mesmo.

Com a situação observada e a experiência adquirida no assunto, foi programado e realizado a reforma do regenerador 1, no período de 01 de fevereiro a 10 de abril de 2007. Para tal, a exemplo da situação anterior, foi necessário operar o forno com apenas 2 regeneradores.

O destaque para esta situação em relação à anterior foi além do excelente trabalho apresentado pela equipe que conduziu a obra, a ser apresentado em trabalho específico, o resultado operacional apresentado pelo forno, escopo deste trabalho, conseqüência do planejamento realizado e executado pelas equipes de manutenção e operação do forno.

2 PLANEJAMENTO

Com base na experiência adquirida com a obra do regenerador 3 e como o regenerador 1 apresentava uma involução lenta, foi possível realizar um planejamento prévio para que se pudesse realizar a sua reforma de forma mais rápida e eficiente, comparando-se com as atividades e desempenho obtido na ocasião da reforma do regenerador 3. Para tal foi realizado um planejamento prévio para realização da obra em 70 dias, composto das seguintes atividades:

- Manutenção eletro-mecânica preventiva de todas as válvulas de ar, gás e sistema de controle de combustão;
- Alteração dos sistemas de controle para realização das manobras (operação de sopro e em gás) dos regeneradores 2 e 3 em modo automático;
- Elaboração de planejamento operacional para o forno com utilização de 2 regeneradores;
- Ampliação da estação de oxigênio.

3 DESENVOLVIMENTO

Na área de manutenção mecânica foram realizados reparos preventivos em todas as válvulas de ar, gases do sistema de combustão e ar frio dos regeneradores 2 e 3 com o forno em operação.

Para tal foi realizado uma programação de parada dos regeneradores 2 e 3 a partir de janeiro de 2007, de modo que todo o sistema estivesse revisado e em perfeitas condições no sentido de elevar a confiabilidade dos equipamentos, evitando assim que ocorresse paralisação de algum dos componentes destes regeneradores, o que fatalmente provocaria a parada do mesmo e consequentemente do forno .

Para que a equipe de manutenção pudesse realizar os reparos preventivos dos regeneradores, uma alteração nas variáveis operacionais do forno e de operação dos regeneradores foram implementadas durante este período de modo a garantir que os outros regeneradores em operação não sofressem um esgotamento de sua capacidade térmica.

Com relação as ações no campo da eletrônica foi desenvolvido um software pelo pessoal técnico da manutenção eletrônica que aplicado ao PLC de controle operacional dos regeneradores permitiu realizar automaticamente as manobras de troca dos 2 regeneradores em operação, otimizando os tempos de manobra de modo a melhorar a eficiência térmica dos mesmos. Na época da reforma do regenerador nº3, este trabalho de manobra e ajuste da combustão e tempo de sopro dos 2 regeneradores em operação foi realizado manualmente, dificultando muito o desempenho obtido.

Com relação a atuação da engenharia foi realizado uma ampliação da planta de enriquecimento do ar soprado com oxigênio, uma vez que o planejamento operacional contemplava a utilização de uma vazão de oxigênio acima da capacidade instalada para o alto forno 2. Para tal foi realizado pela equipe de engenharia um trabalho de expansão da estação de oxigênio, ampliando a sua capacidade de 14000 Nm³/h para 25000 Nm³/h de oxigênio para enriquecimento do ar soprado.

Na área operacional foi realizado a partir de 24 h antes da parada do regenerador nº1, um ajuste do processo do forno, tendo sido adequado as variáveis de processo (sopro, oxigênio, combustíveis e temperatura de sopro), de modo a otimizar o encharque térmico do empilhamento de refratário dos regeneradores nºs 2 e 3 que seriam mantidos em operação, mantendo-se o nível térmico do forno dentro dos padrões operacionais normais. Os ajustes ocorreram na vazão de sopro, enriquecimento do ar soprado com oxigênio e na substituição da temperatura de sopro que foi reduzida gradualmente de modo que no momento de desativação do regenerador 1 ela estivesse em 800 ° C, sendo a energia necessária compensada por coque.

Durante a reforma do regenerador 1 foi efetuado o ajuste operacional do forno as novas condições de trabalho, e alterado as condições de operação dos regeneradores uma vez que com a operação de 2 regeneradores não seria possível manter os tempos e as vazões de gás normais de manobra dos mesmos.

O quadro abaixo compara as condições de operação dos regeneradores antes e durante o período de reforma do regenerador nº1.

Tabela 1. Variáveis Operacionais dos Regeneradores em Operação

VARIÁVEIS	REGENERADORES 1, 2 E 3	REGENERADORES 2 e 3
Vazão de ar de combustão dam/h	49.0	52.0
Vazão de gás misto Knm ³ /h	54.0	58.0
Vazão de gás de coqueria Nm ³ /h	5700	3800
Tempo em sopro (minutos)	60	90
Tempo em gás (minutos)	105	84
Temperatura final de domo °C	1300	1300
Temperatura final de chaminé °C	300	138
Vazão de ar soprado Nm ³ /min	2600	2500
Pressão da linha de ar frio Kg/cm ²	2.80	2.45
Pressão da linha de ar quente Kg/cm ²	2.50	2.26
Temperatura de sopro °C	1140	800
Temperatura de ar frio °C	110	160

Da mesma forma que nos regeneradores, foi alterado as variáveis de processo do forno de modo que fosse possível operar com os dois regeneradores e se ter o mínimo de interferência possível da nova condição operacional no desempenho do forno.

O quadro abaixo apresenta as diferenças entre as variáveis operacionais do forno programadas antes e durante a reforma do regenerador nº1.

Tabela 2. Variáveis Operacionais do Alto Forno

VARIÁVEIS OPERACIONAIS	CONDIÇÃO NORMAL	PERÍODO DA REFORMA
Vazão de ar soprado (Nm ³ /min)	2800	2300
Temperatura de sopro (°C)	1100	800
Pressão da linha de ar quente (Kg/cm ²)	2.60	2.30
Enriquecimento do ar (%)	4,5	8,0
Temperatura de chama (°C)	2310	2200
Rendimento de gás topo (%)	49,0	50,0
PCR (kg/t)	130	100
SMALL COKE (kg/t)	20	20
COKE RATE (kg/t)	360	420
FUEL RATE (kg/t)	510	540
Pelota na carga (%)	12	18

4 RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados obtidos a partir do trabalho desenvolvido se mostraram bastante promissores com o desenrolar do tempo, sendo de fundamental importância o trabalho realizado pelas equipes de manutenção que conseguiram manter os regeneradores 2 e 3 em condições operacionais de modo a garantir a manutenção da meta de temperatura de sopro e a continuidade operacional dos regeneradores e do forno, evitando assim perda da capacidade térmica dos mesmos.

A obra foi realizada em 67 dias e 10 h, sendo os resultados obtidos no período de janeiro a maio de 2007, período compreendido entre a preparação de parada e a liberação do regenerador nº1, apresentados nas figuras abaixo.

Na Figura 1, a evolução da temperatura de sopro e de chama praticadas.

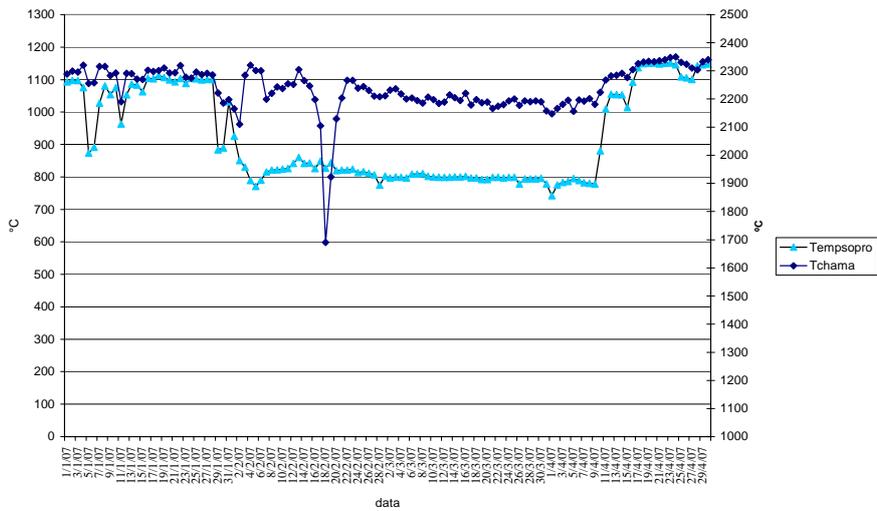


Figura 1 - EVOLUÇÃO DA TEMPERATURA DE SOPRO E CHAMA NO ALTO FORNO 2

Na Figura 2, a evolução da vazão de sopro e de oxigênio utilizados no período da reforma.

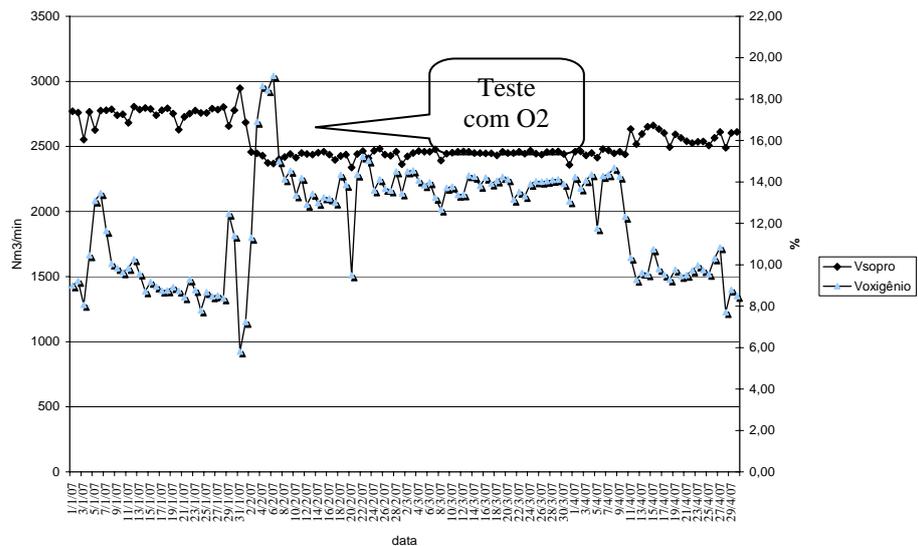


Figura 2 - EVOLUÇÃO DA VAZÃO DE SOPRO E OXIGÊNIO NO ALTO FORNO 2

Na Figura 3, a evolução do consumo de combustível do forno obtido no período (coke rate, small coke rate e PCR e fuel rate).

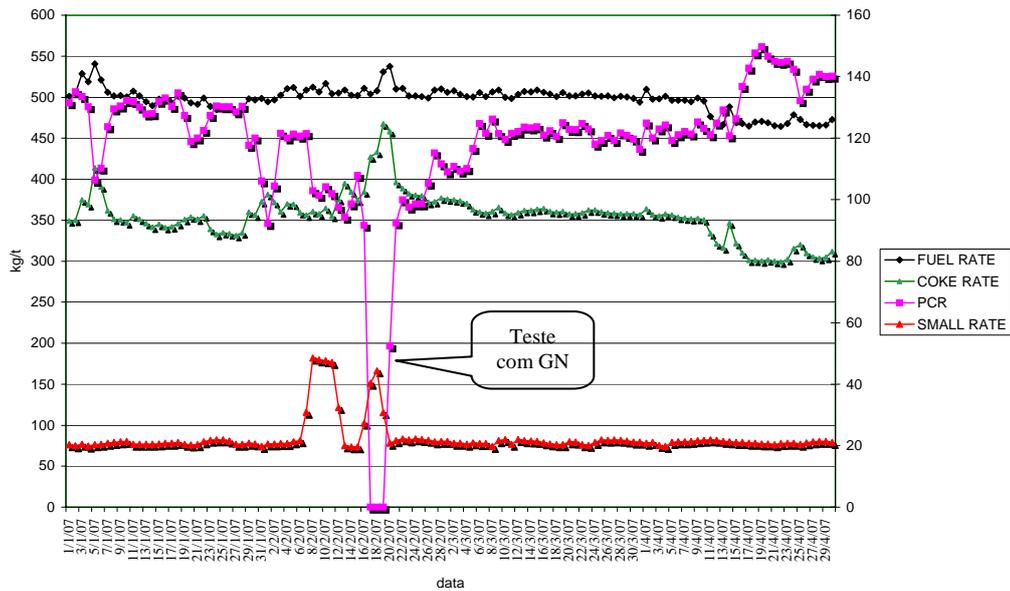


Figura 3 - EVOLUÇÃO DO COMBUSTÍVEL NO ALTO FORNO 2

Na Figura 4, a evolução da produção programada e realizada no período da reforma.

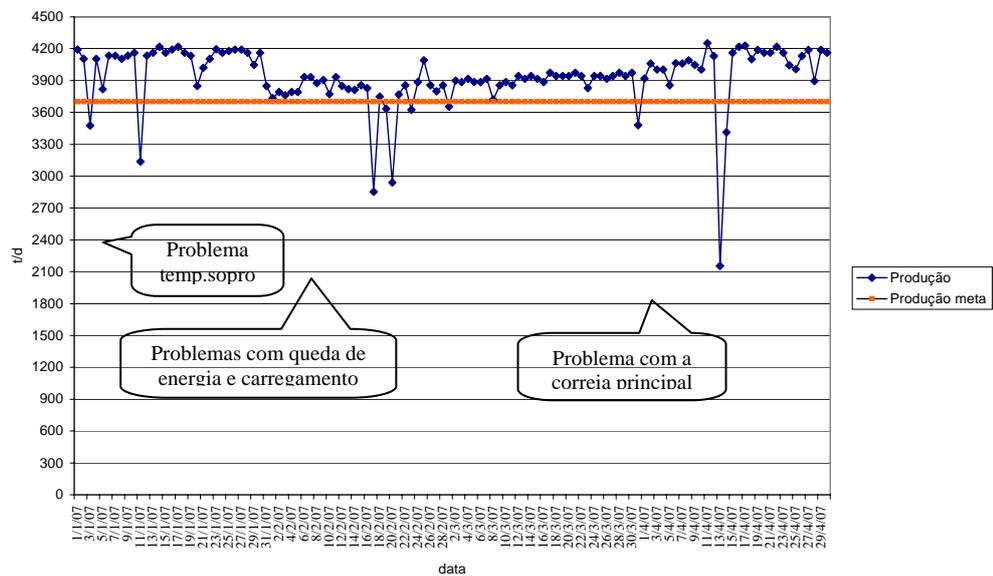


Figura 4 - EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DO ALTO FORNO 2

5 COMPARATIVO ENTRE RESULTADO OBTIDO NA REFORMA DO REGENERADOR 3 EM 2002 E A REFORMA DO REGENERADOR 1 EM 2007

Na elaboração do planejamento para reforma do regenerador n°1, uma condição que ficou estabelecida foi a de que o resultado a ser obtido neste empreendimento teria que ser melhor do que o anterior, em todas as fases do projeto, isto é, a realização da obra e o resultado operacional, visto que no trabalho anterior foi adquirido um know how do qual se deveria obter bons resultados.

A comparação entre os dois resultados apresentados a seguir nos gráficos abaixo, deixa claro o sucesso obtido na obtenção desta meta de obtenção de melhor desempenho em comparação ao trabalho realizado no reparo do regenerador 3.

Nas figuras abaixo, pode-se observar, a diferença obtida no desempenho operacional entre os dois períodos. Desta forma ressalta-se na Figura 5, o comparativo entre as temperaturas de sopro praticadas nos dois períodos.

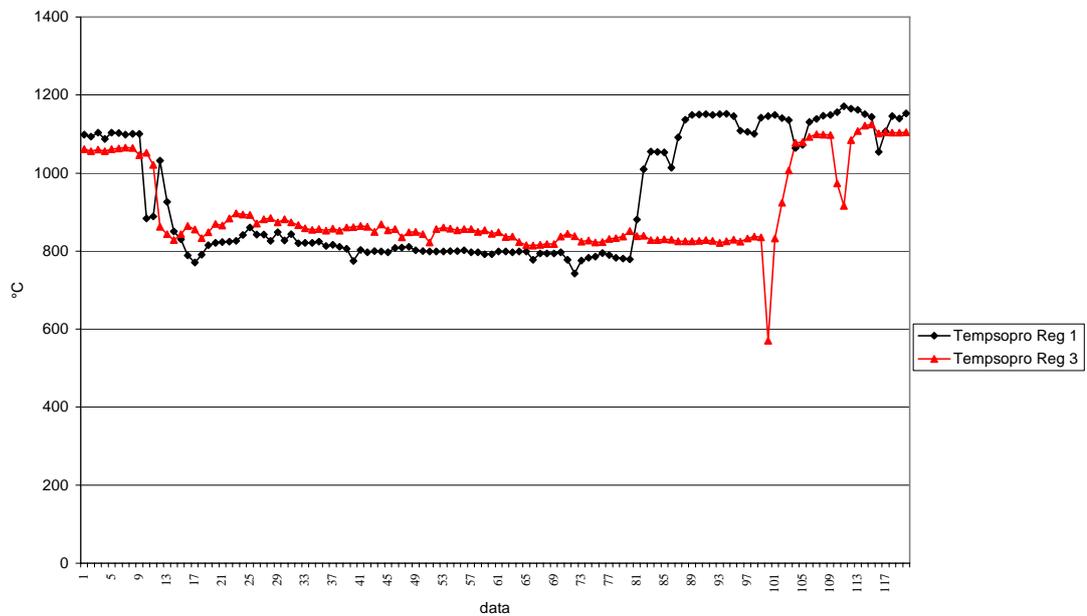


Figura 5 - EVOLUÇÃO DA TEMPERATURA DE SOPRO NO ALTO FORNO 2
 Reg 1: 20/01/2007 a 30/05/2007
 Reg 3: 01/08/2002 a 30/11/2002

Na Figura 6, a diferença entre as vazões de sopro praticadas nos dois períodos.

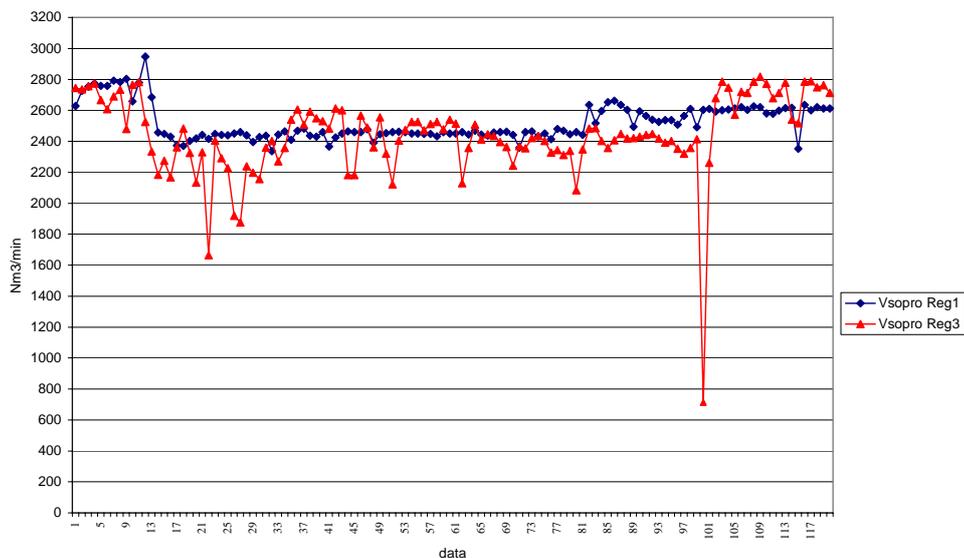


Figura 6 - EVOLUÇÃO DA VAZÃO DE SOPRO NO ALTO FORNO 2
 Reg 1: 20/01/2007 a 30/05/2007
 Reg 3: 01/08/2002 a 30/11/2002

Na Figura 7, a diferença entre as vazões de oxigênio praticadas nos dois períodos.

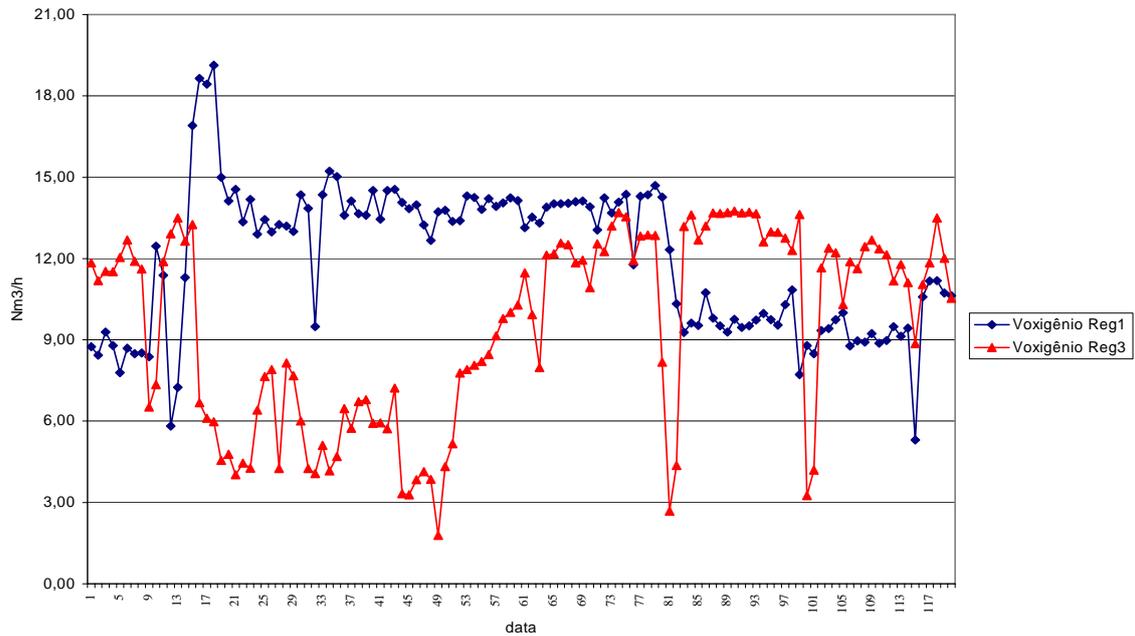


Figura 7 - EVOLUÇÃO DA VAZÃO DE OXIGÊNIO NO ALTO FORNO 2
Reg 1: 20/01/2007 a 30/05/207
Reg 3: 01/08/2002 a 30/11/2002

Na Figura 8, a diferença entre os rendimentos de gás de topo obtidos nos dois períodos.

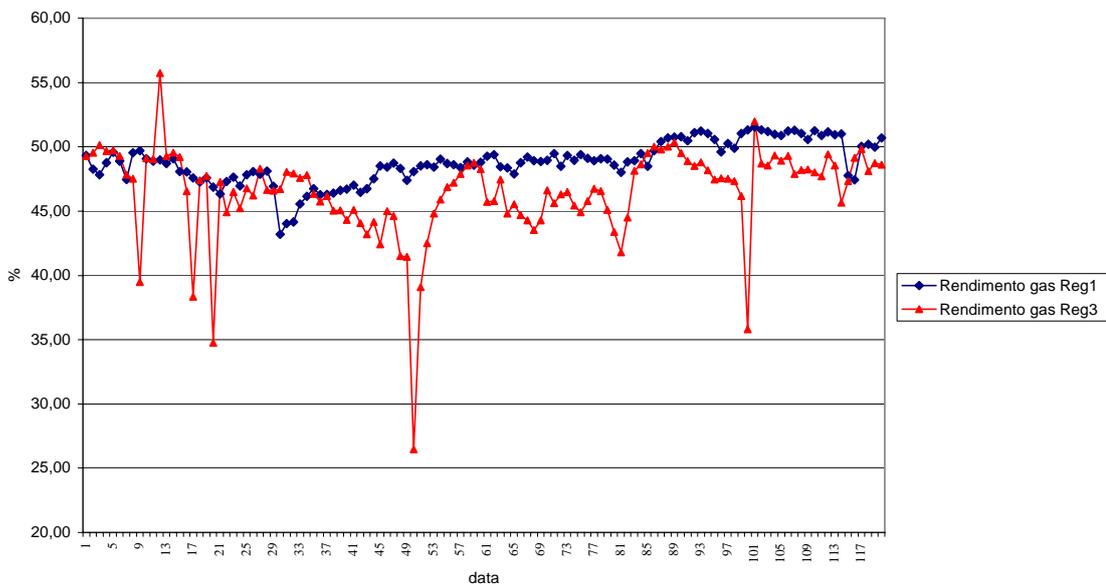


Figura 8- EVOLUÇÃO DO RENDIMENTO DE GÁS DE TOPO NO ALTO FORNO 2
Reg 1: 20/01/2007 a 30/05/207
Reg 3: 01/08/2002 a 30/11/2002

Na Figura 9, a diferença entre os fuel rates obtidos nos dois períodos.

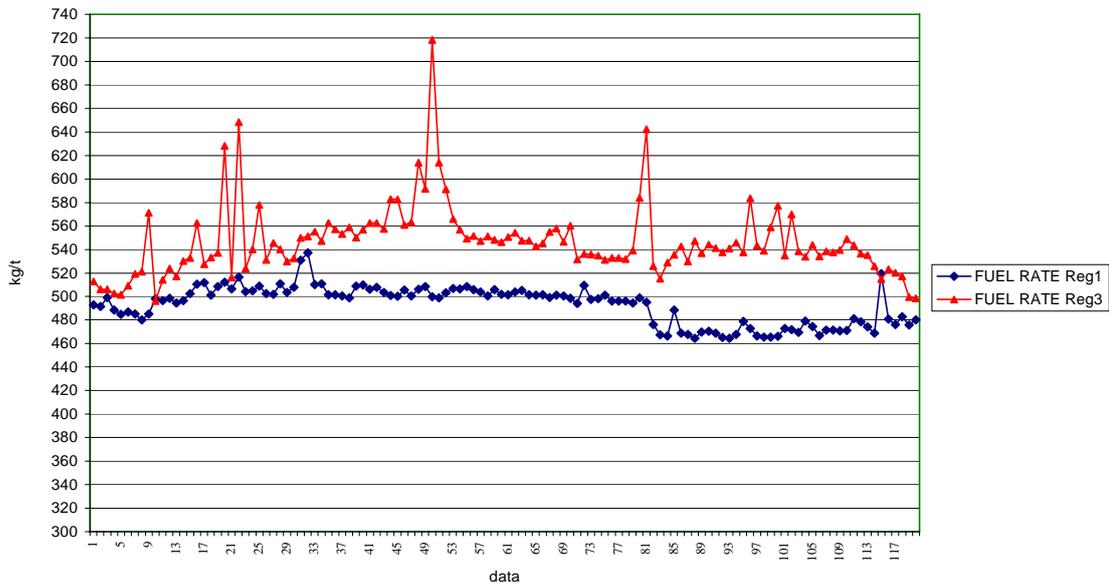


Figura 9 - EVOLUÇÃO DO FUEL RATE NO ALTO FORNO 2
Reg 1: 20/01/2007 a 30/05/2007
Reg 3: 01/08/2002 a 30/11/2002

Na Figura 10, a diferença entre os volumes de produção alcançados nos dois períodos.

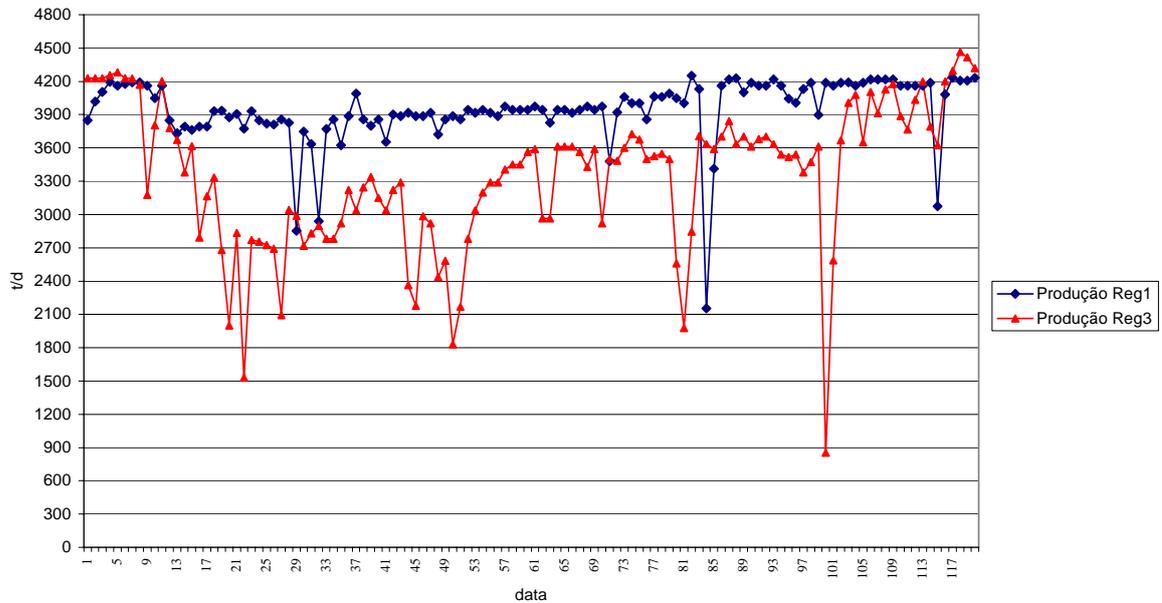


Figura 10 - EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO NO ALTO FORNO 2
Reg 1: 20/01/2007 a 30/05/2007
Reg 3: 01/08/2002 a 30/11/2002

6 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste empreendimento demonstrou que:

- O trabalho desenvolvido antes e durante a reforma do regenerador n°1 pelas equipes de manutenção e operação visando garantir a continuidade operacional dos regeneradores e do forno obteve completo sucesso;
- Com o aprendizado obtido no trabalho realizado em 2002 na reforma do regenerador n°3, conseguiu-se otimizar o resultado no trabalho atual, reduzindo significativamente o impacto no custo operacional do forno e consequentemente da empresa;
- As metas estabelecidas na fase de planejamento, como prazo previsto inicialmente em 70 dias e realizado em 67,5 dias e entrega de produção de gusa para aciaria com previsão para o período de 444.000 t sendo realizado 472.196 t de gusa, conforme pode ser observado na evolução do gráfico 4 acima, foram integralmente alcançadas, conseguindo-se manter a disponibilidade de gusa para a aciaria;
- Este trabalho consolida e aprimora a experiência adquirida de operação de um alto forno com 2 regeneradores.

Agradecimentos

A Companhia Siderurgica Nacional pela oportunidade de desenvolver, aplicar e apresentar este trabalho.

A minha família pelo permanente incentivo para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

BIBLIOGRAFIA

- 1 CSN BLAST FURNACE N°2 OPERATION WITH TWO HOTSTOVE - Mc Master Symposium on Iron & Steelmaking n° 31, june 03–05,2003.