

IMPLANTAÇÃO DO CONTROLE DE PERDA TÉRMICA E % DE ÁREAS FRIAS COMO PARÂMETRO DE CONTROLE DE PROCESSO DO ALTO-FORNO N° 3 DA CSN¹

André José de Souza Monsôres²

Marco Polo da Silva Peixoto²

Heracliton Antônio Fernandes³

Sebastião Jorge Xavier Noblat²

Francisco Nobrega de Aguiar²

Resumo

O trabalho tem como objetivo apresentar a implantação do controle de perda térmica e % de áreas frias no Alto-Forno n° 3 da CSN, bem como os impactos gerados no passado e os resultados obtidos. Na reforma do Alto-Forno n° 3 da CSN em 2001, a refrigeração da parede foi substituída de placas para Staves, nos primeiros anos de operação não foi observado a formação de carga inativa, bem como alterações na marcha operacional do forno por este motivo. Em 2006, observou-se pioras na marcha bem como inícios de engaiolamentos e grandes perdas de produção, qualidade e custo. Com isso foi necessário avaliar a implantação de novos parâmetros de processo através de estudo específico. Após concluído estudo foi implantado um controle de perdas térmicas e % de áreas frias como parâmetro de controle de processo. Após implantação dos controles em novembro de 2006 não foi mais observado a ocorrência de engaiolamentos e pioras na operação do forno, deixando assim de ocorrer grandes perdas de produção, qualidade e custo por esta causa. Como conclusão a implantação deste tipo de controle mostrou-se ser bem efetiva diante dos resultados obtidos.

Palavras-chave: Alto-forno; Controle; Perda térmica; Áreas frias.

INTRODUCTION OF HEAT LOSS CONTROL AND COLD AREA PERCENTAGE AS A PROCESS CONTROL PARAMETER OF CSN/BRAZIL # 3 BLAST FURNACE

Abstract

This paper aims to present the introduction of heat loss control and percentage of cold area at CSN #3 BF as well as the impacts created in the past and the results. In the furnace reline back in 2001, cooling of the wall was changed from chill plates to stave coolers. In the first years, no skull or any other significant changes were found in the furnace operations because of this modification. In 2006, however, operations became rather erratic, leading to hangings as well as major production, quality and cost losses. Therefore, it became necessary to consider introducing new process parameters, and a specific study was conducted to that end. Upon its completion, a heat loss control and percentage of the cold area as process control parameter was introduced. As a result, as of November 2006 no hangings or any other operating disturbances which might negatively impact the furnace were found. In short, looking at the results attained, implementing this control method proved to be quite an effective tool.

Keywords: Blast furnace; Control; Heat loss; Cold area.

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 Metalúrgico, Gerencia dos Altos-Fornos da CSN

³ Técnico de Metalurgia, Gerencia dos Altos-Fornos da CSN

1 INTRODUÇÃO

Os tipos de projetos de refrigeração de paredes dos altos-fornos vem sendo alterados ao longo dos anos, e atualmente a tendência como citada no Sohn Internacional Symposium,⁽¹⁾ está sendo a substituição das placas de refrigeração por staves. Esta mudança vem sendo feita por possibilitar um aumento no volume útil do forno, troca térmica mais homogênea e menor ancoragem de cascões.

A Figura 1 mostra a parede de um forno com placas expostas, onde existe a facilidade de ancoragem de cascões.



Figura 1 – Mostra de um alto-forno com cascão e outro com placas expostas.

O AF#3 da CSN foi reformado em 2001 e a refrigeração da parede foi substituída de placas para staves.

A Figura 2 mostra os staves no interior do Alto-Forno n° 3 da CSN.



Figura 2 – Foto dos staves no interior do Alto-Forno n°3 da CSN.

O Alto-Forno n° 3 da CSN não gerou efeitos que mostrava que existia a aderência carga inativa na parede do forno, mas a partir de Julho 2006 e após retorno de parada prolongada a marcha operacional se encontrava muito ruim e com ocorrência de engaiolamentos.

Nestes casos muitas das vezes são analisados os parâmetros de processo convencionais e a qualidade da matéria prima, mas muitas das vezes os parâmetros atuais não nos permitem ver com clareza indícios que um problema possa vir a ocorrer. Com o ocorrido foi necessário reavaliar a necessidade de estudar e inserir novos parâmetros de monitoramento e controle de processo, afim de identificar indícios de formação de carga inativa antes que possam gerar grandes impactos na marcha operacional.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Em 2006, observaram-se pioras na marcha bem como inícios de engaiolamentos e grandes perdas de produção (Figura 3), qualidade e custo. Com isso foi necessário avaliar a implantação de novos parâmetros de processo através de estudo específico.

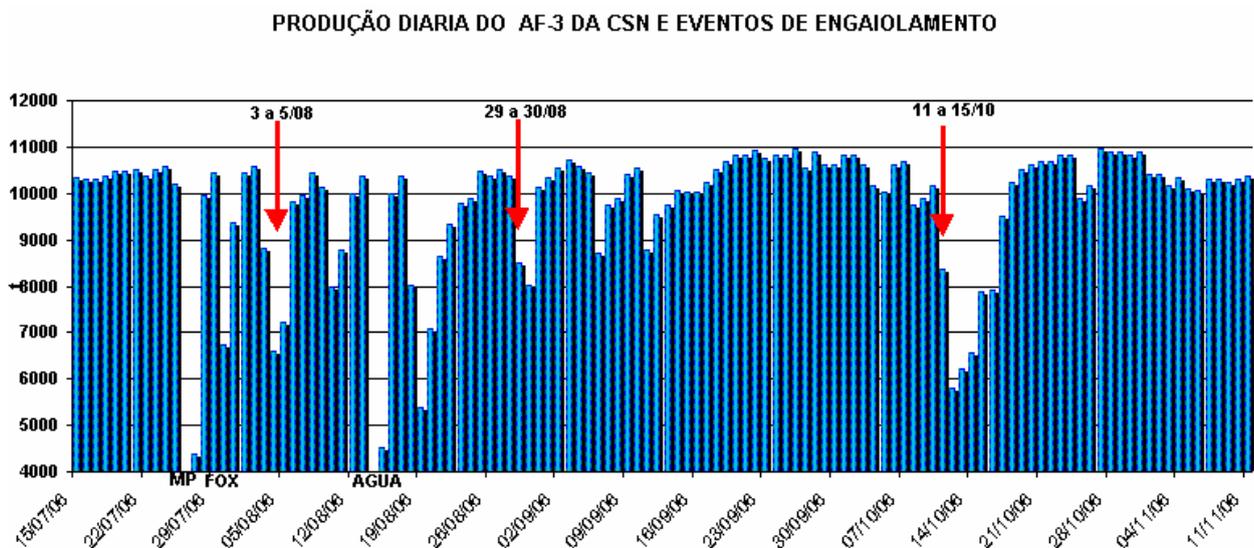


Figura 3 – Evolução da produção do alto-forno n°3 da CSN com indicação da ocorrência de engaiolamentos com as setas.

Normalmente avaliava-se uma região do forno com formação de carga inativa na parede do forno pelo comportamento da tendência e oscilação das temperaturas, mas não se tinha um indicador que pudesse representar condições que poderiam levar a afetar a marcha operacional do forno.

Conhecendo a necessidade de implantação destes indicadores, foram inseridos como parâmetro de controle de processo em gráficos de linha a contagem de áreas frias e controle das perdas térmicas (delta T da água e taxa de fluxo de calor).

Contagem de áreas frias

Através de valores preestabelecidos pelo fabricante, foi implantado inicialmente a contagem e cálculo da % de áreas frias nos staves, sendo:

$$\% \text{ Áreas frias} = (\text{n}^\circ \text{ de staves abaixo da temperatura} / \text{n}^\circ \text{ de staves total}) * 100$$

Como os staves são posicionados em filas, considera-se como área fria, a área do stove que esta com a temperatura abaixo de : Fila 2 < 45°C, fila 3 < 44°C, filas 4, 5 e 6 < 43°C e filas de 7 a 10 < 40°C.

Após coleta dos dados foi observado que em alguns momentos estávamos trabalhando com valores maiores que 50% (Figura 4).

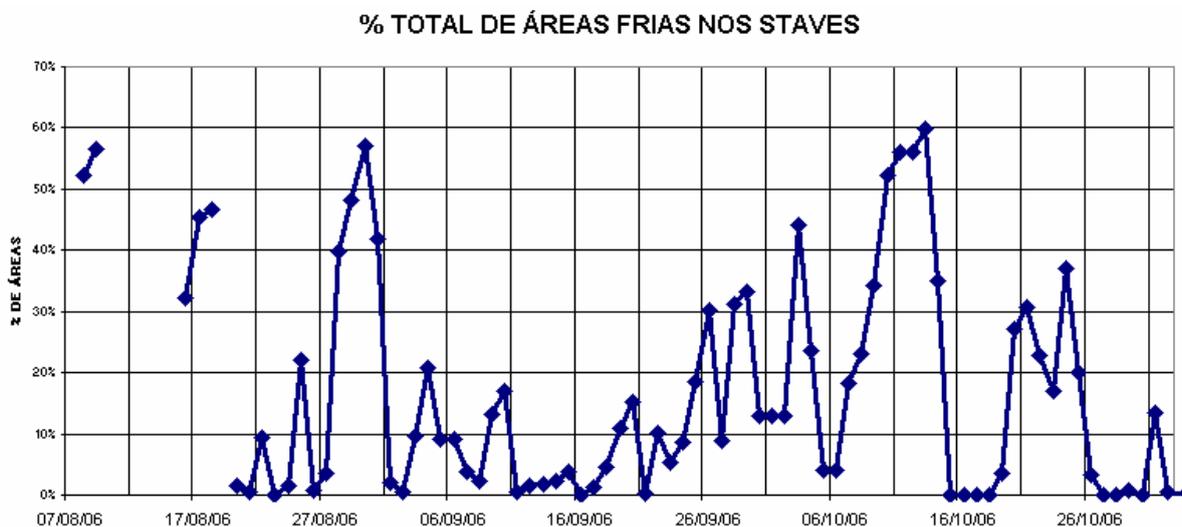


Figura 4 – Evolução da porcentagem de áreas frias durante o período de marcha irregular do alto forno 3

Cálculo das perdas térmicas globais pelos staves:

A fim de tornar simples e aplicável, foi utilizado o balanço global de da transferência de calor, onde já aplicado em lingotamento contínuo de placas⁽²⁾ e citado em livro de transmissão de calor⁽³⁾, podendo ser obtido, em função do acréscimo da temperatura da água de refrigeração, da seguinte forma:

$$Q = m C \Delta T$$

$$C_p = 1 \text{ cal g}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

$$m = \rho V$$

$$\rho = 1 \text{ g cm}^{-3}$$

$$\text{Então } Q = V \Delta T$$

Q = calor total retirado pela água

V = Volume de água (cm³)

ΔT = Acréscimo de temperatura da água (°C)

$$Q/t = V/t \Delta T$$

V/t = U = Vazão de água ; como V/t = 1000U

Para U = vazão de água (l/min) ; q = 1000*U* ΔT (cal/min)

Para U = vazão de água (m³/h) ; Q = U* ΔT (Mcal/h)

A Figura 5 mostra a evolução da taxa de fluxo de calor durante período de marcha irregular.

Em sistemas que trabalham com a vazão de água fixa, somente o que varia é o delta T da água, podendo assim servir como parâmetro de controle (Figura 6).

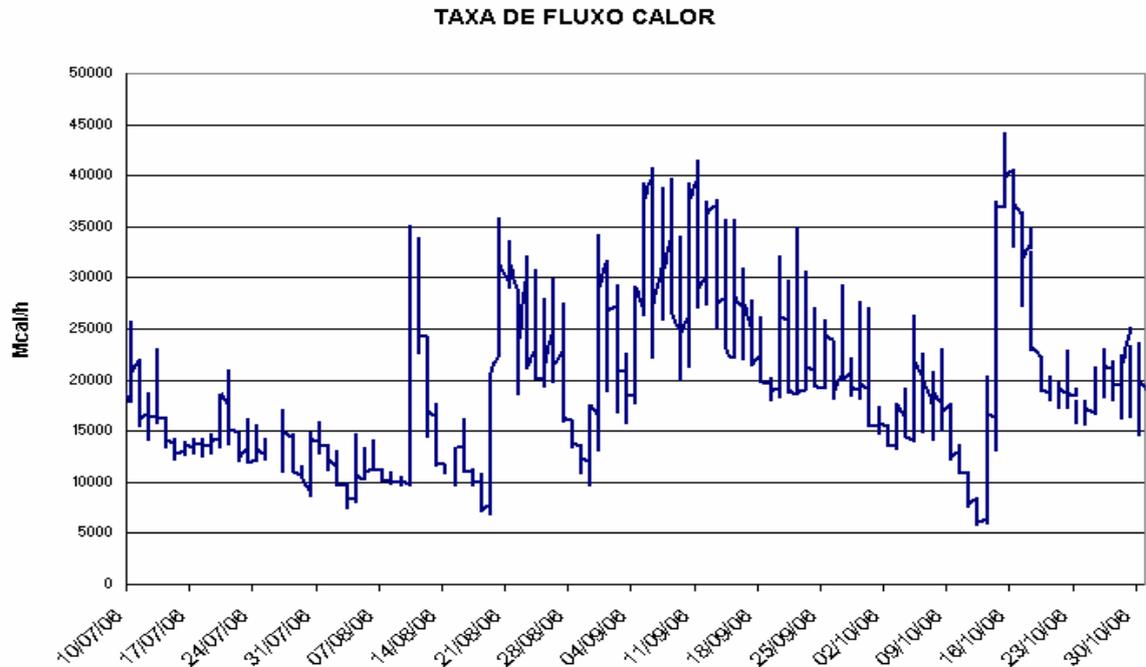


Figura 5 – Evolução do fluxo de calor durante o período de marcha irregular do alto-forno nº 3 da CSN

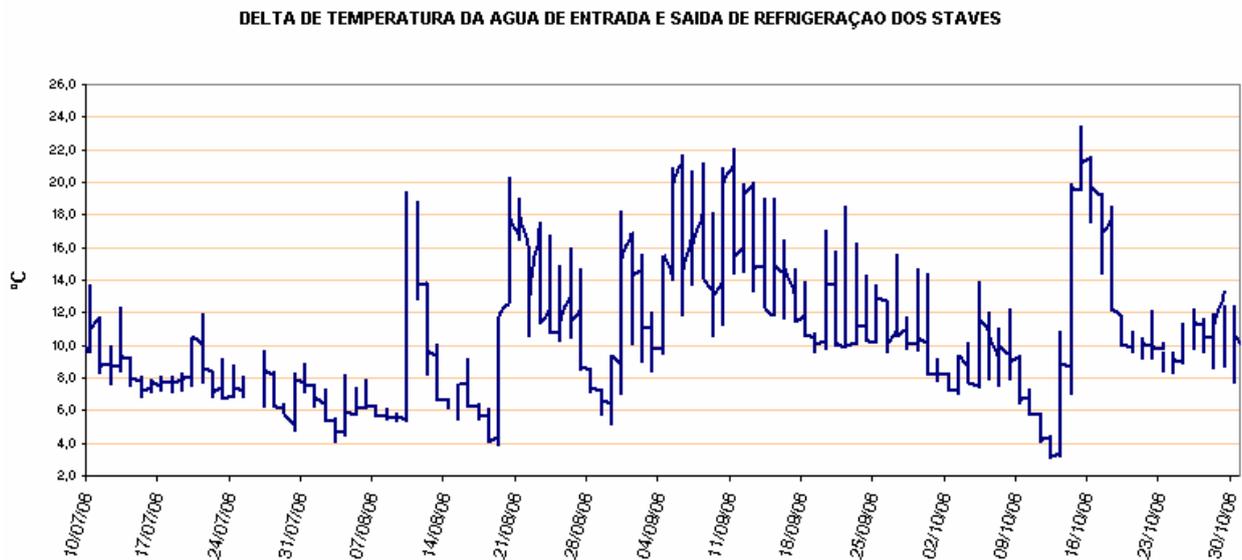


Figura 6 –Evolução do delta T da água durante o período de marcha irregular do alto-forno nº 3

Durante análise dos gráficos observamos que os engaiolamentos de carga no alto-forno ocorriam a partir de valores altos de % de áreas frias e valores baixos de delta T da água e taxa de fluxo de calor.

Assim foram criadas faixas para controle dos novos parâmetros de processo e determinadas ações para correção. No forno é alterada a distribuição de carga e elevado o consumo de pelota em função da porcentagem de finos do minério, já na mina foi implantado um sistema de peneiramento do minério.

Além da criação de faixas mínimas foram criadas faixas máximas para o delta T e taxa de fluxo de calor como alerta para perdas térmicas elevadas na parede, podendo gerar dados aos staves e aumento do fuel rate.

3 RESULTADOS

Após implementação dos novos parâmetros e implementação das ações tomadas para controle não ocorreu mais engaiolamentos e perdas de produção por este motivo.

A Figura 7 mostra que durante os períodos onde a % de áreas frias trabalharam maiores que 40% foram os momentos onde ocorreram a piora de marcha operacional e engaiolamentos da carga do forno, e após implantação do controle e tomada de ações os valores estão baixos e sob controle.

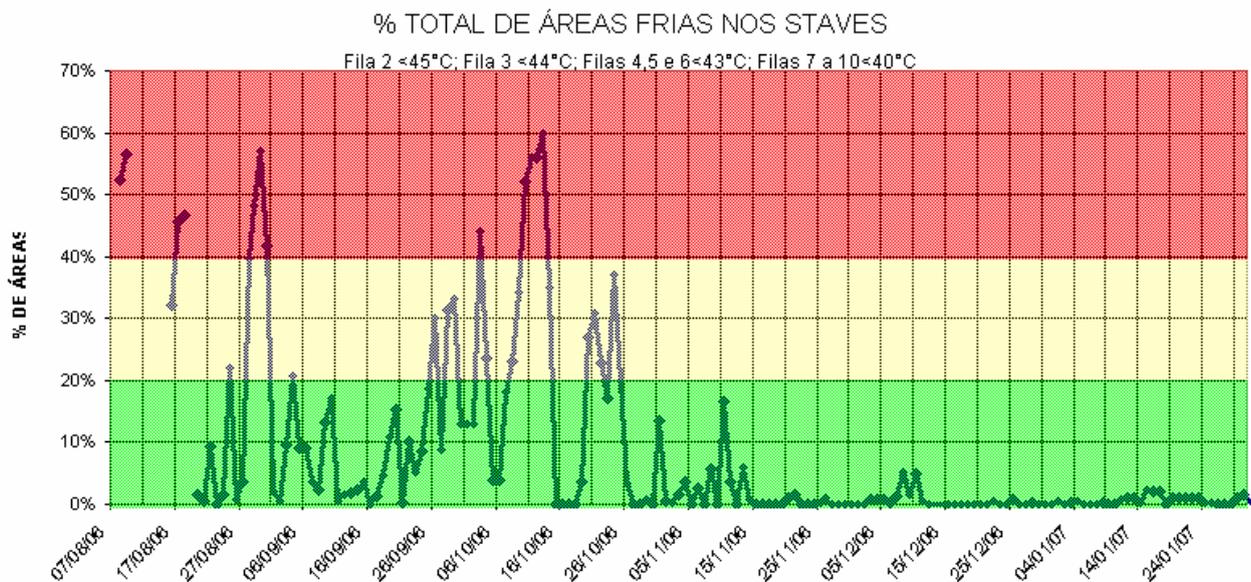


Figura 7 – Evolução da porcentagem de áreas frias antes e após ações tomadas

A Figura 8 mostra que durante os períodos onde o delta T da água de refrigeração dos staves trabalharam abaixo de 6°C foram os momentos onde ocorreram a piora de marcha operacional e engaiolamentos da carga do forno, bem como o controle após tomada de ações.

DELTA DE TEMPERATURA DA ÁGUA DE ENTRADA E SAÍDA DE REFRIGERAÇÃO DOS STAVES

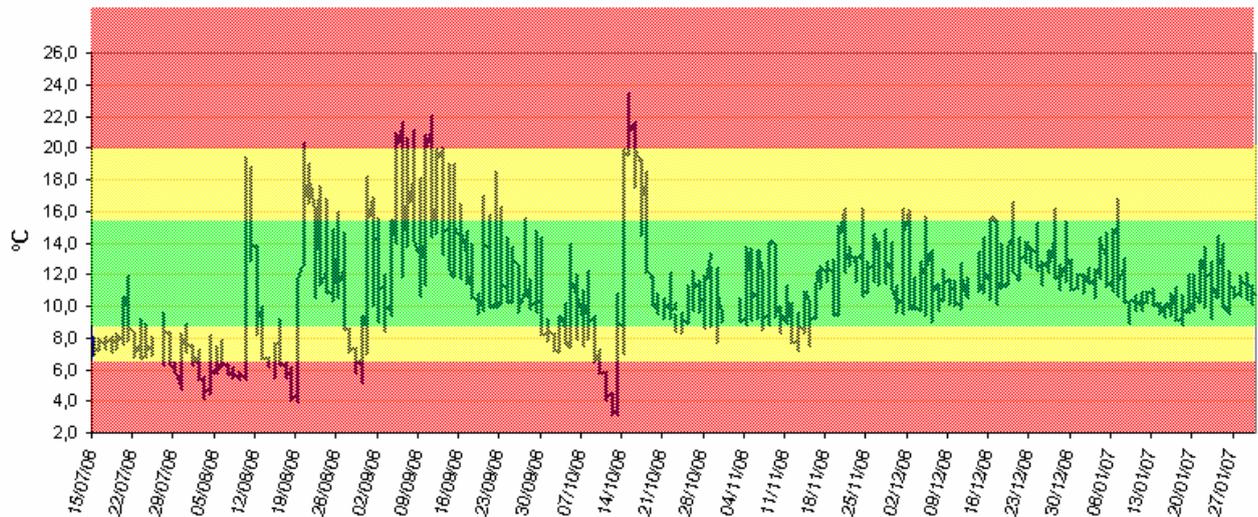


Figura 8 – Evolução do delta T da água de refrigeração dos staves

Da mesma forma que a % de áreas frias e delta T da água mostraram valores críticos para a marcha operacional, a operação do forno com taxas de fluxo de calor (Figura 9) abaixo de 12000Mcal/h também representa problemas.

TAXA DE FLUXO CALOR

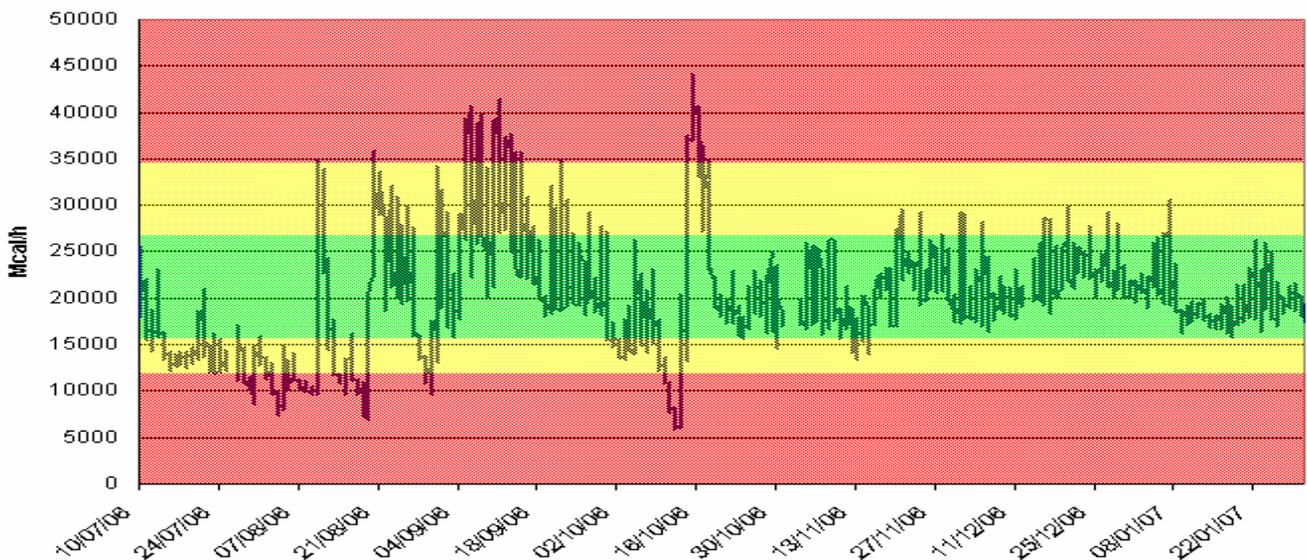


Figura 9 – Evolução da taxa de fluxo de calor global pelos staves antes e após ações tomadas.

3 CONCLUSÕES

A implantação dos novos parâmetros de controle mostrou-se extremamente necessário na identificação de formação de carga inativa, determinação do momento de tomada de decisão, correção e controle.

A análise dos parâmetros nunca devem ser analisadas separadas pois pode-se ter por exemplo áreas localizadas frias e as demais quente, o que poderia balancear a taxa de fluxo de calor e ser identificado nas áreas frias.

As ações de peneiramento do minério e aumento da participação de utilização de pelotas foi fundamental para atuar no controle da entrada de finos no processo e deixar a ação de alteração de distribuição de carga somente para ajustes finos.

Agradecimentos

Ao José Borges de Araújo Neto pela contribuição no trabalho durante sua permanência como funcionário da CSN.

Aos técnicos Waldir Benedito da Costa, Raphael Fortini, Márcio Torres dos Santos e ao Estagiário de engenharia Daniel Resende Machado pelas grandes colaborações dadas.

Bibliografia

- 1 Curso Lingotamento Contínuo de Placas de Aço edição 2005, p.71. Apostila ABM.
- 2 Kreith, Frank - Princípios da Transmissão de Calor, tradução da 3ª edição americana, p.335
- 3 Sohn International Symposium Advanced Processing of Metals and Materials, Volume 4, p. 144