



Tema: Aciaria Oxigênio

## REDUÇÃO DO RETORNO PARCIAL EM PANEAS DE AQUECEDOR: SETEC 2013\*

Carlos Alexandre Gonçalves de Moura<sup>1</sup>

Bruno Cezar Calazans de Andrade<sup>2</sup>

Vinícius Franco do Nascimento<sup>3</sup>

Rodrigo da Silva Magalhães<sup>4</sup>

### Resumo

O trabalho se baseia na redução do retorno parcial de aço por temperatura na Aciaria LD com foco em análise estatísticas do processo, melhorias no projeto alinhado ao plano de manutenção dos componentes mecânicos e elétricos do sistema de aquecimento de panelas. Para análise do problema foi elaborado um estudo utilizando Lean Six Sigma através do DMAIC, analisando as condições de processo, procedimento operacional e plano de manutenção dos equipamentos. Como resultado do trabalho obteve-se uma redução em 58% no retorno parcial em panelas de aquecedor.

**Palavras-chave:** Aquecimento de panelas; Gás natural; Retorno parcial.

### REDUCE PARTIAL RETURN IN HEATER FROM LADLE

#### Abstract

The article is based on the reduction of the partial return of ladle Steel by temperature in steel furnace LD with a focus on statistical analysis of the process, design improvements aligned to plan maintenance of mechanical and electrical components of heating systems ladles. To analyze the problem we designed a study using Lean Six Sigma DMAIC, through analyzing the process conditions, operating procedure and maintenance plan of the equipment. As a result of this article we obtained a reduction of 58% in the partial return in heating Systems ladle.

**Keywords:** Heating systems; Natural gas; Partial return.

<sup>1</sup> Engenheiro Mecânico, Engenheiro de manutenção, GGMA, Companhia Siderúrgica Nacional - CSN, Volta Redonda, Rio de Janeiro e Brasil.

<sup>2</sup> Engenheiro de produção, Engenheiro de produção, GGMA, Companhia Siderúrgica Nacional - CSN, Volta Redonda, Rio de Janeiro e Brasil.

<sup>3</sup> Engenheiro de Materiais, Mestrado em Materiais, Engenheiro Especialista, GGMA, Companhia Siderúrgica Nacional - CSN, Resende, Rio de Janeiro e Brasil.

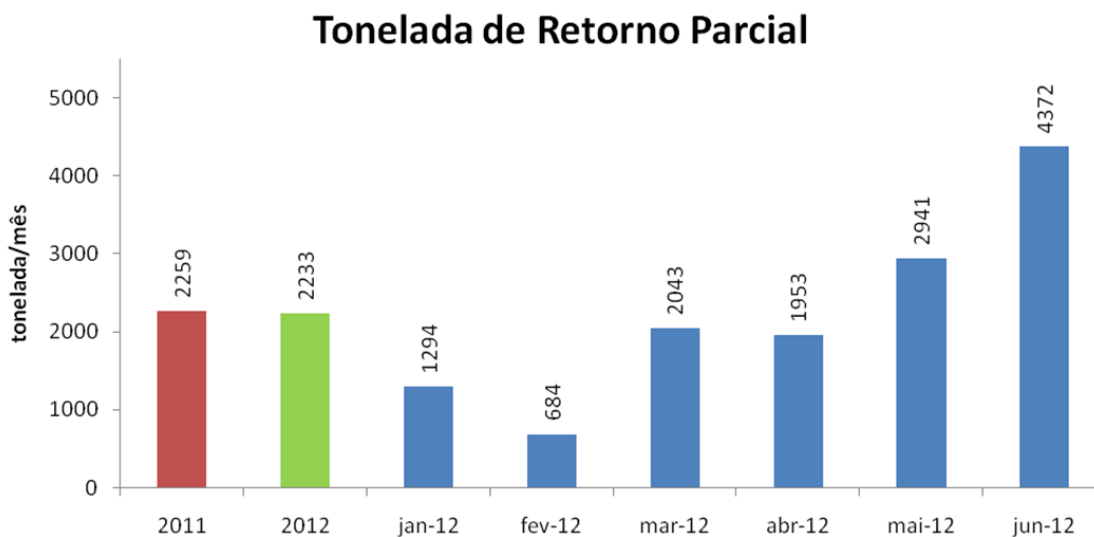
<sup>4</sup> Engenheiro de Produção, Engenheiro de Desenvolvimento, GGPS, Companhia Siderúrgica Nacional - CSN, Volta Redonda, Rio de Janeiro e Brasil.

\* Contribuição técnica ao 45º Seminário de Aciaria – Internacional, 25 a 28 de maio de 2014, Porto Alegre, RS, Brasil.



## 1 INTRODUÇÃO

O retorno parcial é evidenciado pelo aço líquido que retorna do lingotamento contínuo para Aciaria sem virar placa. Em junho de 2012 se evidenciou, conforme mostrado na Figura 1, um significativo aumento na ocorrência do retorno parcial resultando em uma perda de aproximadamente 4.400 t de aço. Todas as corridas que geraram retorno parcial foram analisadas para se identificar as causas. O estudo apontou que 60% das ocorrências de retorno parcial foram devido à temperatura. Ao se estratificar as anomalias de temperatura observou-se que 30.6% da perda de aço foi devido à queda acentuada de temperatura em corridas vazadas em panela de aquecedor. As demais causas que geraram problemas de temperatura estavam relacionadas a anomalias operacionais e de equipamento.



**Figura 1.** Retorno parcial de aço na GGMA.

Na aciaria LD a panela que recebe o aço líquido pode ser classificada em painéis do ciclo, painéis fora do ciclo e painéis oriundas de aquecedor. O ciclo da panela inicia quando do seu fechamento no Lingotamento Contínuo e finaliza quando o aço é vazado do conversor. Quando esse tempo é inferior a 90 minutos a panela é classificada como de ciclo e está apta a ser posicionada para vazamento. Quando o tempo de ciclo excede 90 min a panela é classificada como fora de ciclo e não está apta a ser utilizada para vazamento. As painéis que perderam o ciclo devem ser posicionadas nos aquecedores de panela para que recuperem a condição térmica desejada. O tempo mínimo que tais painéis devem permanecer no aquecedor é calculado com base no tempo em que a mesma permaneceu fora de ciclo.

Uma forma de avaliar a condição do processo é medir o acerto de temperatura do distribuidor. O acerto ocorre quando a média entre a segunda, terceira e quarta temperatura medida no distribuidor está entre  $-10^{\circ}\text{C}$  e  $+15^{\circ}\text{C}$  da temperatura objetivada de lingotamento a qual está, em média,  $25^{\circ}\text{C}$  acima da temperatura líquida calculada para o grau de aço. No mês de Junho/12 o acerto de temperatura de corridas vazadas em painéis de ciclo foi de 94,6% e o acerto de temperatura em painéis de aquecedor foi de 81,8%. Tais valores indicavam um problema no encharque das painéis de aquecedor que estavam gerando temperatura baixa durante o lingotamento. Identificou-se que os conjuntos sopradores (que fazem a

\* Contribuição técnica ao 45º Seminário de Aciaria – Internacional, 25 a 28 de maio de 2014, Porto Alegre, RS, Brasil.



mistura Ar/Gás) estavam com baixa vazão de ar que acarretava redução na eficiência do aquecedor de panela.

Com o objetivo de melhorar o acerto de temperatura em painéis de aquecedor e, conseqüentemente, reduzir o retorno parcial, uma série de ações foram realizadas. Dentre as principais destacam-se ajuste no modelo de temperatura, alteração do gás de coqueria por gás natural, substituição de componentes mecânicos e elétricos avariados ou com baixo rendimento, inspeção diária da condição dos aquecedores pela operação e alteração do plano de manutenção.

## 2 METODOLOGIA

Para realização do trabalho foi feito levantamento de dados de todas as corridas da aciaria. O processo foi realizado a partir da base de dados oficial da GGMA o PI Database.

Os dados foram extratificados e analisados com ferramentas estatísticas. Para análise foram levadas em consideração as seguintes condições de contorno:

- Temperatura máxima de vazamento: 1720°C
- Temperatura mínima de vazamento: 1620°C
- Temperatura máxima de lingotamento: 1580°C
- Temperatura mínima de lingotamento: 1525°C

O trabalho tomou como base os seis primeiros meses do ano de 2012, e o mês de referência foi o mês de Junho/2012. Também foi realizada uma análise de variáveis no decorrer do trabalho.

Os dados foram analisados para definir o acerto da temperatura de lingotamento, a qual é a temperatura final do produto. A temperatura de acerto de lingotamento é definida pela média da segunda, terceira e quarta temperatura obtida da corrida no distribuidor durante o lingotamento.

Para análise dos dados como um todo foi utilizado a ferramenta *DMAIC*. Dentro do *DMAIC* as seguintes ferramentas foram utilizadas:

- Análise estatística
- Árvore de causas
- Cálculo de retorno de projeto
- Matriz de priorização de causas
- Brainstorming
- Análise dos procedimentos operacionais/manutenção

Também um estudo sobre os gases de combustão a serem utilizados no aquecedor (gás coqueria e gás natural) foi elaborado verificando qual o melhor gás para o equipamento segundo as premissas: poder calorífica, oferta de combustível e custos de manutenção. Em conjunto com o estudo dos gases também foi realizada uma revisão nos procedimentos operacionais e de manutenção visando garantir uma melhor adequação do processo ao novo gás combustível [1,2].

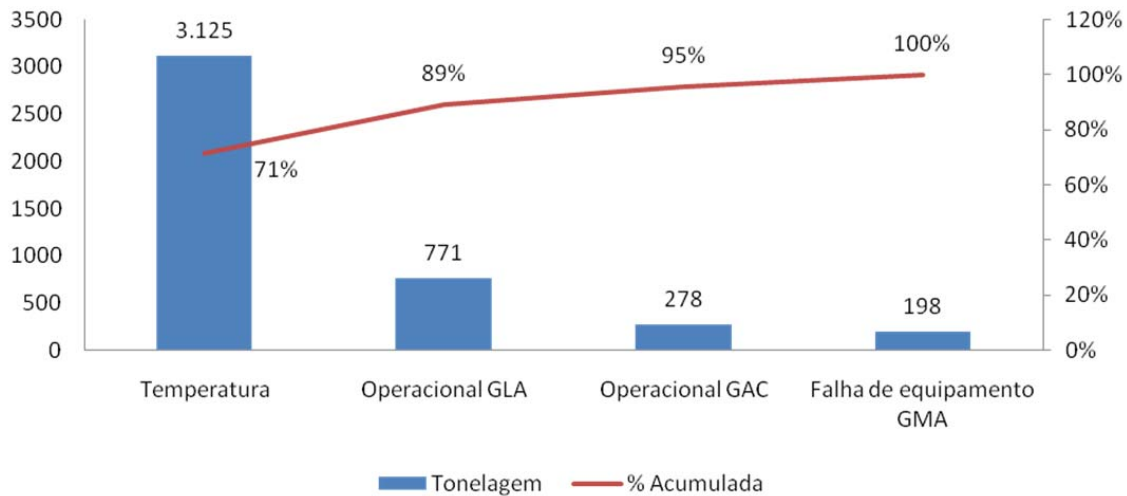
## 3 RESULTADOS

Com base nas informações levantadas, foi feita uma análise para identificar as principais causas do alto índice de retorno parcial no mês de julho de 2012. Como é possível verificar na Figura 2, 71% dos retornos parciais estão relacionados a problemas de temperatura.

---

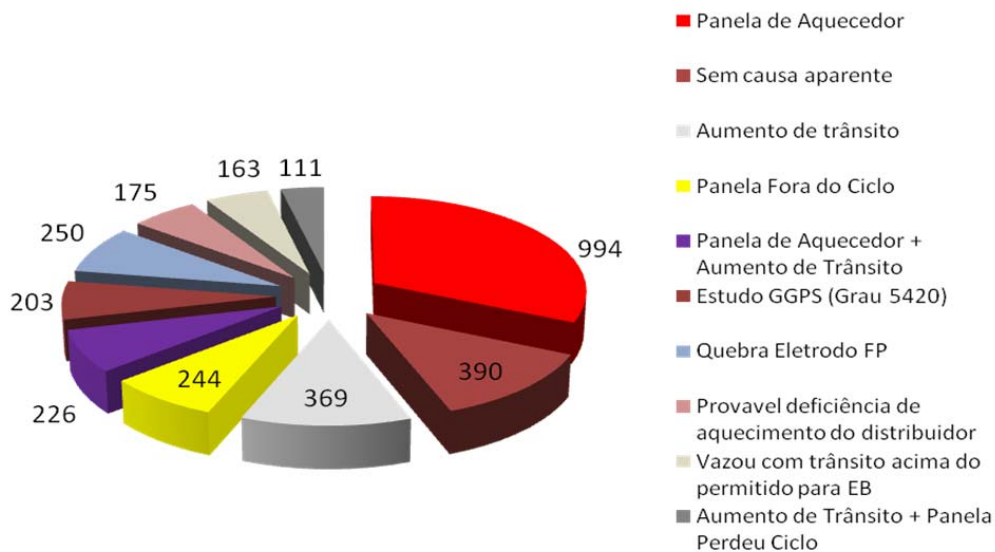
\* Contribuição técnica ao 45º Seminário de Aciaria – Internacional, 25 a 28 de maio de 2014, Porto Alegre, RS, Brasil.

## Retorno parcial - Junho/2012



**Figura 2.** Principais causas de retorno parcial.

Analisando as corridas com problemas de temperatura, foi possível identificar a grande influência das painéis de aquecedor no resultado, conforme mostrado na Figura 3.



**Figura 3.** Estratificação do retorno parcial por temperatura.

Uma vez detectado que as painéis oriundas do aquecedor tinham uma influência muito grande no resultado de retorno parcial, foi utilizado o Diagrama de Ishikawa para levantamento das causas prováveis, conforme Figura 4.

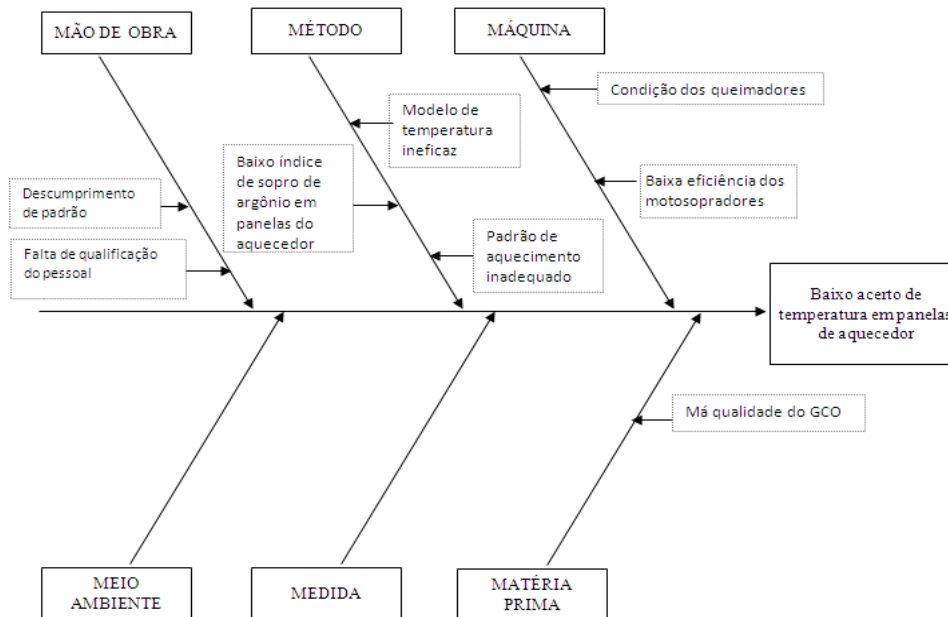


Figura 4. Diagrama de Ishikawa.

Após o levantamento das principais causas, foi feita uma análise para verificar o impacto das mesmas nos aquecedores. Entre elas, a redução do poder calorífico do gás de coqueria foi fator motivador para sua substituição pelo gás natural, uma vez que devido a alguns problemas ocorridos na coqueria houve uma baixa considerável na qualidade do gás gerado.

A garantia do plano de manutenção dos aquecedores mostraram uma evolução considerável para o projeto, pois os conjuntos sopradores que fazem a mistura ar/gás estavam com graves problemas o que proporcionava uma grande redução de eficiência no aquecimento de panela.

Houve mudança no padrão de aquecimento, pois o gás natural além de possuir um poder calorífico (PCI) e pressão de trabalho (pressão=12 kgf/cm<sup>2</sup> / PCI= 9.400) muito superior ao gás de coqueria (pressão= 5.000mmca / PCI= 4.000), também necessita de um volume muito maior de ar em sua estequiometria (1 Nm<sup>3</sup> de GCO = 4,65 de ar enquanto 1 Nm<sup>3</sup> de GN = 9,95 de ar). Estas diferenças exigiram mudanças em todo padrão de aquecimento, visando minimizar o impacto causado pela adaptação do equipamento, já que o mesmo tem sua concepção básica para a utilização de gás de coqueria [2-4].

Para garantir a manutenção do resultado foi implementada uma inspeção diária nos aquecedores de panela, onde são verificados os componentes principais do equipamento como: Motosopradores, painéis elétricos e pressão de gás. Esta inspeção é de extrema importância uma vez que para as condições atuais do equipamento um problema em qualquer um destes componentes pode acarretar uma queda sensível no rendimento do aquecimento, afetando diretamente o resultado do retorno parcial de aço líquido [4,5].

Estas ações obtiveram uma melhora significativa no resultado da empresa aumentando o índice de acertos de temperatura em painéis de aquecedor. Conforme é possível observar na Figura 5.

\* Contribuição técnica ao 45º Seminário de Aciaria – Internacional, 25 a 28 de maio de 2014, Porto Alegre, RS, Brasil.

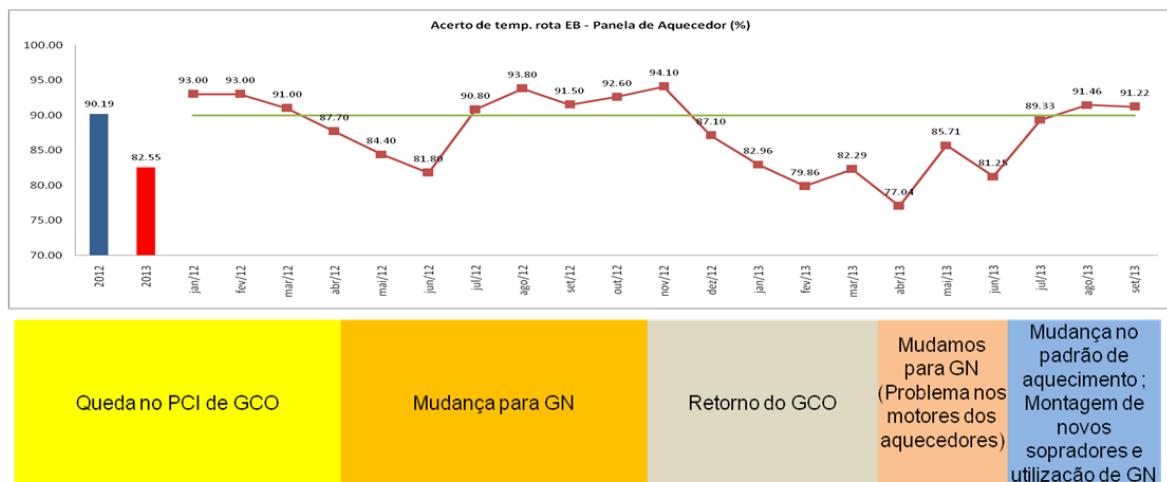


Figura 5. Acerto de temperatura em panela de aquecedor.

Com a eficácia do acerto de temperatura através das ações de melhoria desenvolvidas no decorrer do projeto, obtivemos uma grande redução do retorno parcial de 994 t em junho de 2012 para 0 t em setembro de 2013 com uma meta de 579 t, conforme demonstrado na Figura 6.

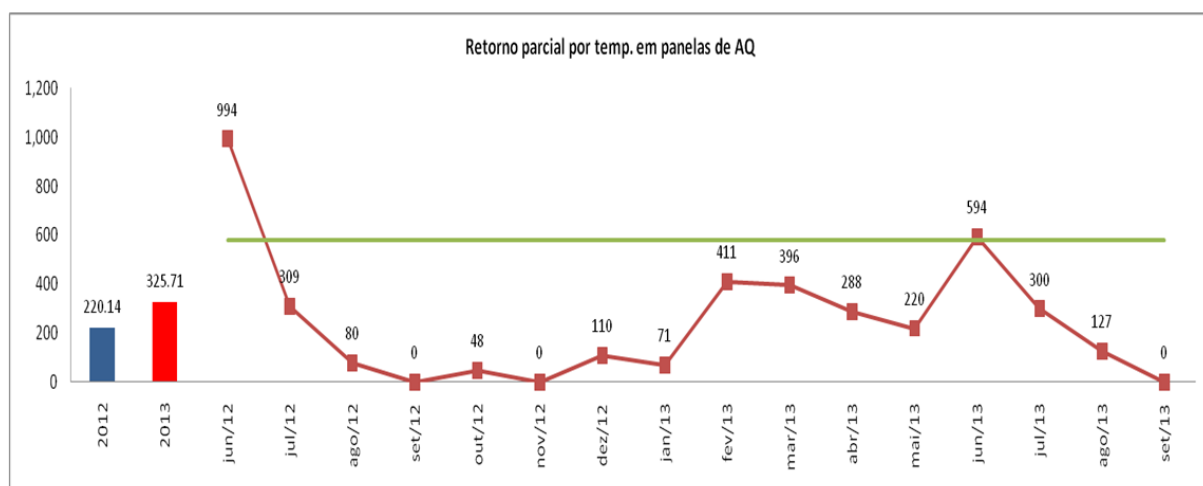


Figura 6. Retorno parcial em panela de aquecedor.

## 4 CONCLUSÃO

- A metodologia utilizada foi eficaz para obtenção dos resultados.
- A mudança de Gás de Coqueria para Gás Natural aliada as melhorias operacionais e de manutenção, foram cruciais para obtenção dos resultados almejados.
- Com os resultados do projeto estima-se um retorno anual superior a 4 R\$ milhões.

Como sugestões para melhorias no projeto, propõem-se a instalação de um sistema de medição de vazão e um projeto de automação dos aquecedores com foco na redução de consumo e ganho de desempenho operacional.

\* Contribuição técnica ao 45º Seminário de Aciaria – Internacional, 25 a 28 de maio de 2014, Porto Alegre, RS, Brasil.





## Agradecimentos

Agradecemos a toda equipe de trabalho pela dedicação e empenho na obtenção dos resultados encontrados.

## REFERÊNCIAS

- 1 Marques M, Haddad J, Martins ARS. Conservação de Energia: Eficiência energética de equipamentos e instalações. Itajubá: Fupai; 2006.
- 2 IBP (Instituto Brasileiro de Petróleo). Curso de informação sobre combustíveis e combustão. 10 ed. Rio de Janeiro;1986.
- 3 Polilo H. Sistemas de combustão e NBR 12313 [curso]. Volta Redonda: CSN; 2013.
- 4 IHEA. Combustion Technology Manual. 3rd ed. Virginia: Industrial Heating Equipment Association; 1980.
- 5 Eclipse Combustion B.V. Engineering Guide. 6th ed. Rockford: Eclipse Combustion B.V.;1986.
- 6 Júlio Mendrano. Black Belt em Lean Six Sigma [curso de Metodologia DMAIC Six Sigma]. Volta Redonda: CSN; 2012.

---

\* Contribuição técnica ao 45º Seminário de Aciaria – Internacional, 25 a 28 de maio de 2014, Porto Alegre, RS, Brasil.