

# REDUÇÃO DE CORTES DE SEQUÊNCIA POR NÃO RINSAGEM<sup>1</sup>

Bruno Cesar Calazans<sup>2</sup>  
Bruno Gomes Silva<sup>3</sup>  
Luiz de Souza Gomes<sup>4</sup>  
Pedro Victor de Araújo<sup>5</sup>  
Vinícius Franco do Nascimento<sup>6</sup>  
Wellington Ferreira Barbosa<sup>7</sup>  
Wesley Ferreira Barbosa<sup>8</sup>

## Resumo

O sopro de argônio nas panelas de aço através de plug garante a qualidade do produto além de ser parte fundamental do processo de fabricação de aços. Por diversos motivos os plugs eventualmente se obstruem causando uma série de problemas, entre eles os Cortes de Sequência. O trabalho teve como foco uma melhoria de procedimentos na Aciaria da CSN para visando minimizar as causas das obstruções dos plugs. Como resultado ocorreu uma melhora significativa no índice de Rinsagem (taxa de abertura), atingindo a meta estabelecida de 98%. Com esse resultado observou-se redução no número de corte de sequência relativos a não rinsagem assim como redução no consumo de lanças no Forno Panela.

**Palavras-chave:** Limpeza; Rinsagem; Plug de argônio; Corte seqüência.

## REDUCTION OF CUT SEQUENCE CAUSED BY PURGING PLUG FAILURE

### Abstract

The gas flow in steel ladles through the purging plug guarantees the quality of the product besides being a fundamental part of the steelmaking process. For some reasons the purging plug can be obstructed causing many problems, among them the Cut Sequence it's the main problem. This article focused a procedure improvement of CSN's steelmaking for minimizing the causes of plug obstructions. As a result a big improvement occurs on Open Tax, reaching the target 98%, and having a reduction in number of Cut Sequences caused by Purging system.

**Key words:** Cleaning; Gas flow; Argon plug; Cut sequence.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 40º Seminário de Aciaria – Internacional, 24 a 27 de maio de 2009, São Paulo, SP, Brasil.*

<sup>2</sup> *Engenheiro de Produção – Gerência Geral da Metalurgia do Aço/Gerência de Suporte Operacional – GGMA/GOS – Companhia Siderúrgica Nacional - CSN*

<sup>3</sup> *Engenheiro Metalurgista – GGMA/GOS – CSN*

<sup>4</sup> *Supervisor de Ala Corridas - GGMA/GOS – CSN*

<sup>5</sup> *Técnico Especialista em Metalurgia - GGMA/GOS – CSN*

<sup>6</sup> *Engenheiro de Refratários - GGMA/GOS – CSN*

<sup>7</sup> *Engenheiro Especialista em Metalurgia – Gerência Geral de Processos Siderúrgicos/Gerência de Processos da Metalurgia – GGPS/GMP – CSN*

<sup>8</sup> *Gerente de Suporte Operacional - GGMA/GOS – CSN*

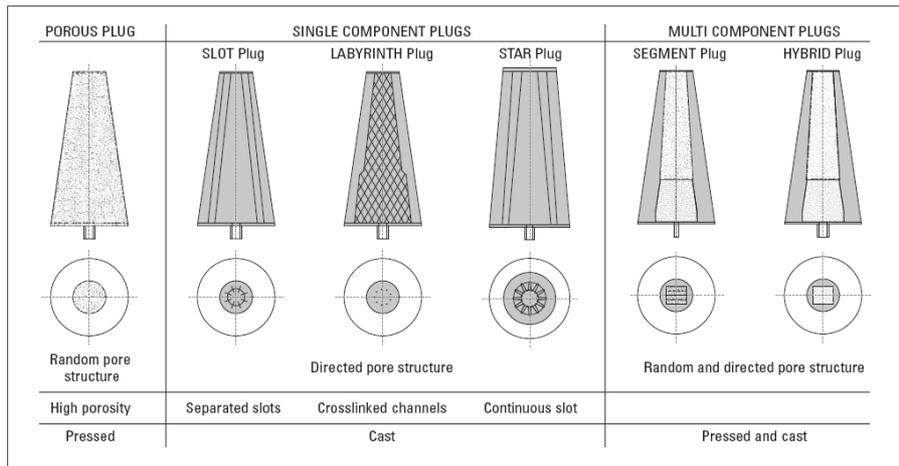
# 1 INTRODUÇÃO

Uma das etapas de fabricação do aço é o refino de ferro gusa. Nota-se que, para atingir a composição desejada nos aços, além da adição de elementos de liga, é necessário reduzir o teor de carbono, silício, manganês, fósforo e enxofre. Tais operações são realizadas na aciaria.

A fabricação do aço consiste em refinar o ferro gusa produzido nos Altos Fornos em conversores a oxigênio que possibilitam reduzir teores de carbono, silício, manganês, fósforo e enxofre através do sopro de oxigênio. Ao final da etapa de refino nos conversores tem-se um aço base que necessita ainda ser processado na metalurgia secundária para atingir composições químicas adequadas para sua aplicação. Entre os processos mais comuns de refino secundário podem ser citados a metalurgia de panela, desgaseificação a vácuo e forno panela. Tais operações são realizadas na Aciaria.<sup>(1)</sup>

No refino secundário são realizadas adições de ferro ligas, correção de temperatura, desoxidação do banho etc. A agitação com argônio permite a rápida homogeneização térmica e química do aço líquido, nas etapas que envolvem o sopro de argônio. Conseqüentemente, o aço produzido terá melhor controle de composição química, obtendo menores desvios e maior reprodutibilidade nas propriedades mecânica. O controle preciso da temperatura é variável essencial para o lingotamento dos aços de alta qualidade. Na adição de ferros-liga, umas das principais etapas do processo, a maior eficiência é alcançada devido à injeção de gás inerte na panela promovendo a agitação do banho e homogeneização da temperatura.<sup>(2)</sup> O gás inerte pode ser introduzido por lança com injeção pela boca ou plug instalado no fundo da panela.

O plug de injeção de gás é um componente cerâmico utilizado em panelas de aço com a finalidade de injetar gás inerte promovendo revolução do banho. Existem vários tipos de plugs, como pode ser observado na Figura 1, com diferentes sistemas de passagem de gás. Atualmente na CSN utilizam-se dois sistemas: o plug “slots” e o plug híbrido.



**Figura 1:** Plugs de Injeção de gás inerte com diferentes sistemas.

O plug slot (Figura 2), é uma evolução do plug poroso, construído com porosidade direcional. O gás percola através de pequenas fendas longitudinais ao longo do corpo do plug. A principal vantagem desse sistema é possuir uma maior resistência ao desgaste apresentando uma vida mais extensa que o poroso.

Entretanto ele não apresenta uma taxa de abertura tão elevada como o sistema poroso.



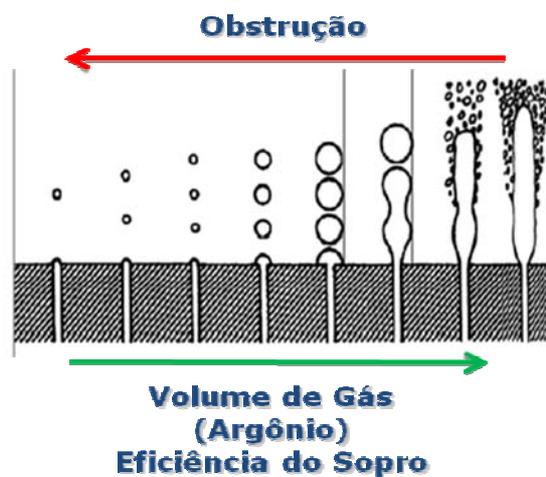
**Figura 2:** Corte longitudinal Plug slot

O sistema híbrido (Figura 3), é um sistema onde os dois mecanismos são incorporados em um mesmo plug, ou seja, ele é composto pelo sistema poroso e o sistema de slots. A grande vantagem deste sistema é combinar a taxa de abertura do plug poroso com a resistência ao desgaste do plug slot.<sup>(2)</sup>



**Figura 3:** Corte transversal Plug híbrido

Mesmo com vários sistemas para garantia do sopro de gás inerte na panela, eventualmente o plug não sopra o gás causando o que chamamos de não rinsagem. A não rinsagem é causada principalmente por obstrução. Quanto maior a obstrução do plug, menor é o volume de gás soprado na panela. A Figura 4 ilustra o comportamento do plug em relação a evolução da obstrução.

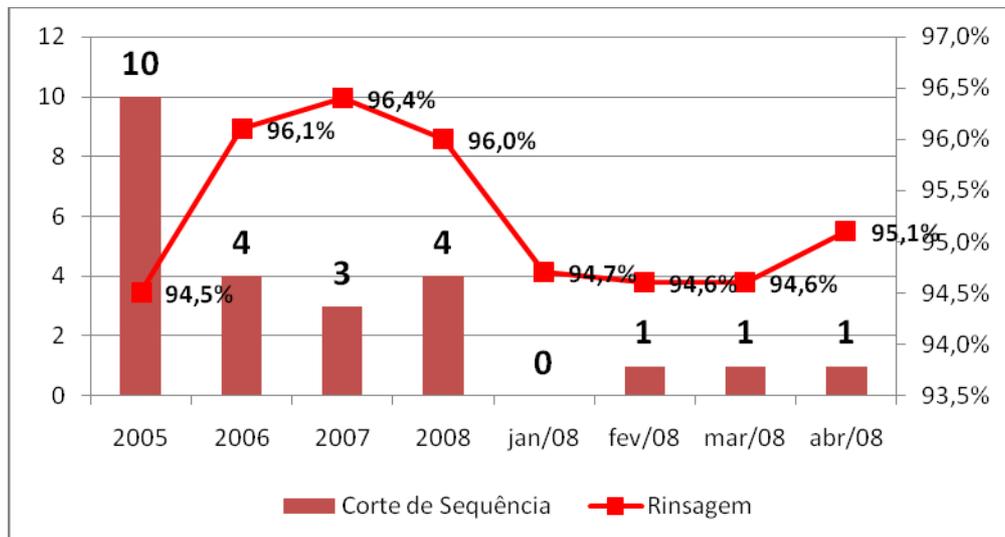


**Figura 4:** Desenho esquemático da passagem do gás pelo plug obstruído.

Um dos mecanismos de obstrução do plug é a formação de uma “rolha” de escória na parte superior do plug. A formação da mesma é causada pela reação do material do plug ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) e os compostos presentes na escória ( $\text{FeO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ , etc), formando um fase de menor ponto de fusão, consumindo a face quente do plug inibindo a passagem do gás. A reação é iniciada quando o aço e a escória, presentes no fundo da panela após o final de lingotamento, ficam em contato direto com o plug. Esta reação é potencializada quando a panela entra no aquecedor, fato que acontece quando a mesma perde seu ciclo térmico. Nessa situação ocorre um incremento na cinética de formação da rolha sobre do plug.

Um grande problema que a não rinsagem ocasiona é o corte de seqüência, ou seja, quando o lingotamento de um seqüencial é interrompido por anomalias nos parâmetros operacionais. Um dos principais motivos é a não homogeneização da temperatura em corridas diretas, que muitas vezes ocasiona o atraso na liberação da corrida. No Forno Panela quando não é possível injetar gás pelo plug faz-se o uso da lança que, por limitações do processo em alguns casos, pode ocasionar o corte de seqüência devido a não homogeneização completa da temperatura.

O gráfico na Figura 5 apresenta o histórico do índice de rinsagem versus o número de cortes de seqüência do ano de 2005 até 2008. No período de 2005/2006 ocorreu a troca do plug labirinto para o plug híbrido, com significativa melhora na taxa de abertura. Após a implantação do plug híbrido houve uma melhora significativa no número de cortes de seqüência e índice de rinsagem, entretanto no ano de 2008 o cenário piorou em função da alternância de mão de obra e alterações de processo.



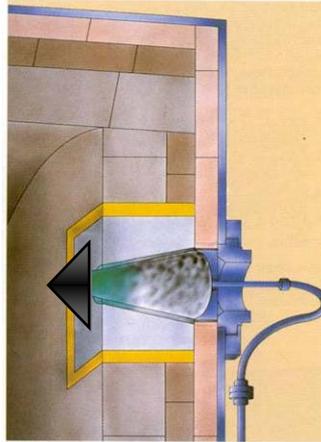
**Figura 5:** Histórico de Cortes de Seqüência pelo Índice de Rinsagem

Dentro do cenário apresentado fazia-se necessário um trabalho para identificar rapidamente as causas do problema, com o intuito de propor ações para a sua solução. O foco deste trabalho foi a redução dos cortes de seqüência relacionados a não rinsagem atuando na identificação das causas e melhorando os procedimentos operacionais.

### 1.1 Análise do Problema

A primeira etapa do trabalho foi realizar uma análise detalhada do problema. Uma das primeiras observações dizia respeito ao insuficiente nível de informação

que se tinha do processo de Sopro de Argônio. Como ação elaborou-se novos relatórios de processo para coletar com mais precisão os dados de preparação e operação dos plugs. Inicialmente foram estabelecidas reuniões diárias para se discutir os motivos de não rinsagem. Nestas reuniões foram identificadas algumas causas, e ações imediatas foram tomadas, resolvendo pequenos problemas da não rinsagem. Nestas reuniões, um dos fatores observados era a alta incidência de painéis oriundos do aquecedor. Para atuar sobre este problema foi instaurada uma prática, já fora utilizada no passado de antes de se enviar uma panela para o aquecedor uma limpeza cuidadosa da panela deveria ser feita e um gabarito cônico, como é observado na Figura 6.

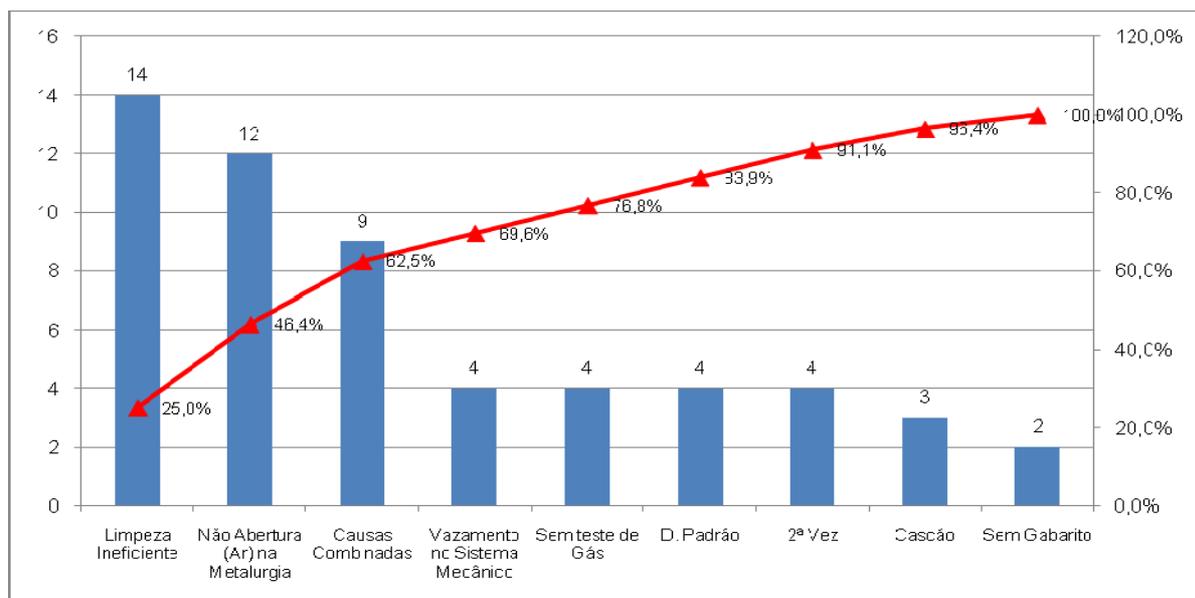


**Figura 6:** Gabarito de Proteção do Plug

Apesar da premissa inicial que as painéis de aquecedor eram o grande problema, o número de não rinsagens continuou alto. Então, para se obter uma melhor qualidade da informação, foram elaborados novos relatórios para mapeamento mais amplo do processo. Entre outras, as seguintes informações foram colhidas:

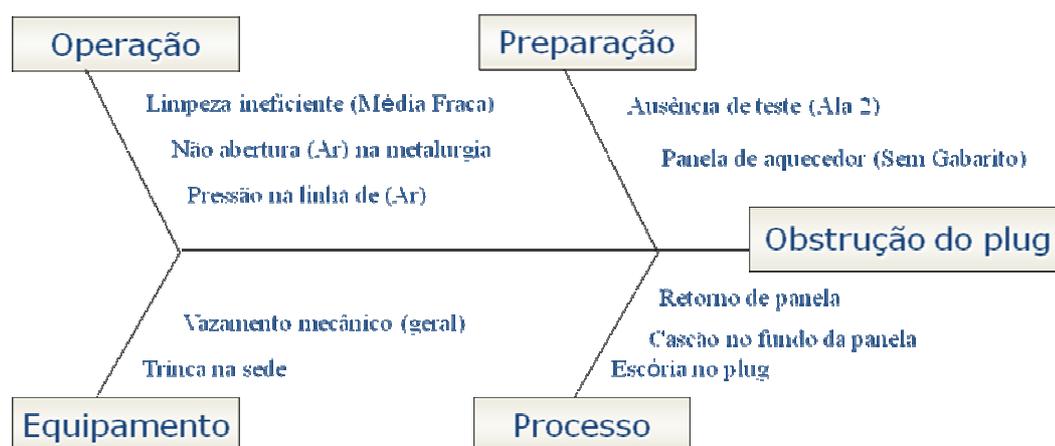
- limpeza do plug;
- existência de cascão\escória sobre o plug;
- intensidade da chama no teste de gás natural;
- colocação de proteção para painéis de aquecedor;
- tempo submetido ao aquecedor de painéis; e
- abertura antes do vazamento nos conversores.

A partir destas informações um mapeamento mais detalhado do processo pôde ser feito. A Figura 7 ilustra o gráfico de Pareto com as principais causas da não rinsagem. Com essas informações, pode-se atuar de forma clara em cada causa de não rinsagem.



**Figura 7:** Gráfico de Pareto das causas de não rinsagem.

A Figura 8 apresenta o Diagrama de Ishikawa no qual pode ser observado em qual etapa do processo a causa da obstrução pode ser atribuída. A partir deste diagrama foram tomadas as ações necessárias em cada etapa, tratando cada caso em particular.



**Figura 8:** Gráfico de Ishikawa

## 1.2 Ações Tomadas

1 – Tratamento da Não Rinsagem como Anomalia: Uma das primeiras ações foi à mudança de status da Não Rinsagem de Parte do processo para Anomalia. Com essa alteração criou-se um senso maior de responsabilidade e comprometimento dos colaboradores da Célula Preparação de Painéis. A própria equipe motivou-se atrás da meta de Rinsagem de 98%.

2 – Melhoria nos procedimentos de limpeza: Com a cooperação dos colaboradores, os procedimentos de limpeza foram revisados e melhorados. A limpeza que era feita esporadicamente passou a ser efetuada em toda corrida. Este procedimento garante que a reação entre escória e plug seja freada pela remoção da escória.

3 – Redução da Ciclagem Térmica: A integridade da Sede de plug é fundamental para estabilidade do plug. Com a redução da ciclagem térmica das painéis, através

da redução do número de painéis em operação, um número menor de painéis no ciclo reduziu a probabilidade da panela esfriar pela perda de sua temperatura de trabalho. Essa ação visava garantir uma melhora na performance da sede de plug evitando ou reduzindo a ocorrência de choque térmico ao longo de sua campanha.

4 – Elaboração de relatórios mais precisos com informações da área: Um grande nível de informações sobre a não rinsagem é essencial para uma rápida tomada de decisões. A criação de planilhas de controle e relatórios diários de operação com um alto número de informações se mostraram primordiais para que o entendimento, planejamento e atuação nas causas-chaves da não rinsagem fossem eficazes.

5 – Instalação de painel para controle de gases: Para uma eficiente limpeza do plug o controle da pressão do oxigênio é importante para garantir que o aço solidificado em cima do plug seja removido com sucesso. A combinação entre a pressão de saída na vara de limpeza e a contra-pressão de gás injetado no plug é essencial para garantir um menor desgaste do componente. Para que isso ocorra um painel com controle da pressão foi instalado na área, garantindo assim uma melhor limpeza e evitando a remoção prematura de plugs por obstrução.

6 – Proteção para o aquecedor: A panela ao perder seu ciclo térmico tem que ser reaquecida, e é no aquecedor de painéis onde as reações entre a escória residual no fundo da panela e o material cerâmico do plug começam a reagir formando uma espécie de rolha na cabeça do plug. A medida adotada foi uma melhor proteção do componente impossibilitando ao máximo o contato da escória com o plug. A instalação de um gabarito cônico no final da preparação da panela para o aquecedor garantiu um melhor desempenho do plug das painéis que passaram pelo aquecedor.

7 – Transferência da Válvula de abertura do argônio para a cabine do operador responsável pelo basculamento do forno durante a operação de vazamento: A abertura do argônio no momento certo antes do vazamento é uma medida ideal para que o plug não sofra choque térmico. Com a transferência da válvula de abertura para o controle do operador responsável pelo vazamento do conversor, pôde-se ter uma maior garantia que o gás seria aberto no instante do vazamento, reduzindo o risco de não rinsagem devido à não abertura ou um eventual choque térmico no plug.

8 – Modificação nos padrões dos conversores: A prática de abertura de abertura do gás no conversor foi modificada para otimizar o desempenho do sopro. Foram alterados o tempo de abertura antes do vazamento, minimizando choque térmico no plug. Painéis oriundas de aquecedor são abertas com maior pressão, bem como painéis com plugs com não rinsagem.

## **2 RESULTADOS**

O trabalho foi iniciado nos meados de março. Neste período de incubação foram identificadas as causas de não rinsagem e os pontos falhos. No final do mês de abril algumas ações foram implantadas. Como resultado um aumento significativo no índice de rinsagem ocorreu entre o mês de maio e abril, passando de 95,1% para 97,2%. Nos meses seguintes o índice apresentou significativa melhoria, com exceção do mês de setembro, onde outros problemas operacionais atrapalharam o resultado. A progressão do ano 2008, antes das melhorias implantadas, era de aproximadamente, um corte de seqüência por mês tendo como causa a não rinsagem. Comparativamente aos anos de 2006 e 2007, a meta era reduzir em obter uma redução mínima de 75% no número de cortes de seqüência por não rinsagem.

Na Figura 9, pode ser observada a evolução do resultado em função dos cortes de seqüência e índice de rinsagem.

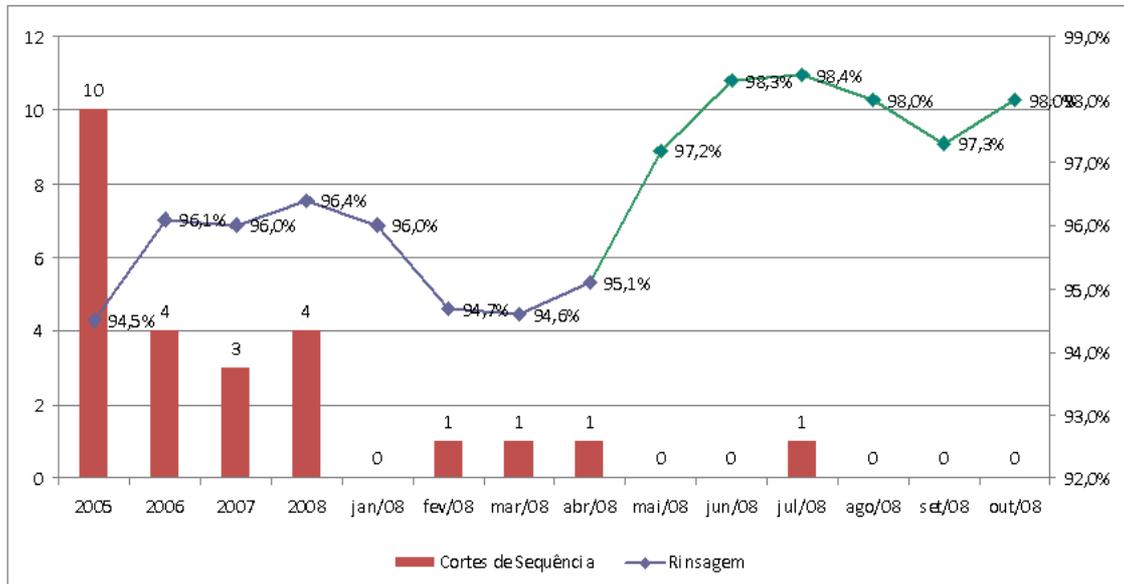


Figura 9: Resultado após implantação das ações.

Outro benefício do projeto foi à melhoria das condições operacionais do Forno Panela. A utilização de plugs no Forno Panela garante um melhor escoamento da produção evitando problemas com lanças, que vão desde corte de seqüência por furos na lança a menor eficiência nas adições de ferro-liga, além de menor homogeneização de temperatura. A Figura 10 ilustra a redução no consumo de lanças no Forno Panela após a melhoria no índice de rinsagem.

### Média de Consumo de Lanças no Forno Panela

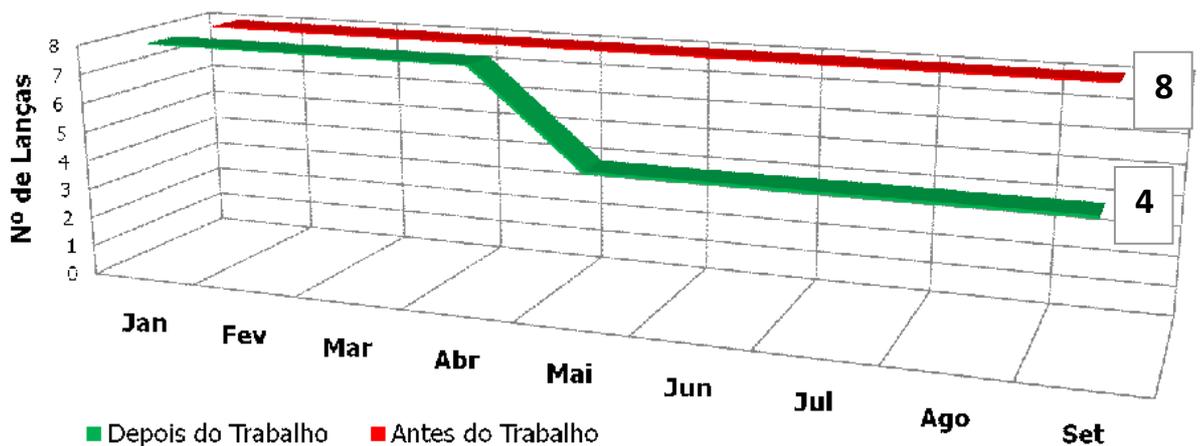


Figura 10: Média de consumo de lança no Forno Panela

### **3 DEMAIS GANHOS**

#### **3.1 Meio Ambiente**

Com a redução do consumo de lanças de argônio no forno panela obtivemos a redução da geração de 15 t de resíduos/ano.

### **4 CONCLUSÕES**

O sopro de argônio por plug constitui uma importante etapa na fabricação de aço e sua eficiência é afetada por diversas variáveis. Para garantir o resultado de elevado índice de rinsagem é necessário se aplicar ferramentas de melhoria contínua e sempre realizar auditorias de processo. Além disso, é fundamental, independente do tipo de plug, a revisão contínua dos procedimentos operacionais e a correta inspeção dos plugs objetivando sempre garantir um alto índice de rinsagem.

#### **Agradecimentos**

Aos Fornecedores de Plug RHI e Magnesita que nos ajudaram trazendo informações e equipamentos para melhoria do processo.

Às Equipes dos Conversores que nos auxiliaram a na modificação dos procedimentos e se comprometeram com a mudança dos mesmos.

Ao Sr. Mario Fareli, especialista em Manutenção de Painelas, pela modificação e melhoria nos procedimentos de manutenção e inspeção das válvulas de controle de gases instaladas nas painelas, removendo os problemas com as válvulas esféricas.

#### **REFERÊNCIAS**

- 1 SILVA, A.L.V.C; MEI, P.R. Aços e ligas especiais. 2. ed. São Paulo: Edgar Blüncher, 2006.
- 2 KNEIS, L.; TRUMMER, B.; KNABL, B. The hybrid plug – na innovative purging plug for steel ladles. *RHI Bulletin*, p. 34-8, 2005.