

ELIMINAÇÃO DA ETAPA DE DESSULFURAÇÃO DO GUSA NA ESTAÇÃO DE PRÉ TRATAMENTO DO GUSA PARA PRODUÇÃO DOS AÇOS ELÉTRICOS DE GRÃO NÃO ORIENTADO¹

*Edilson Simões Cavalieri²
José Geraldo Oliveira Ank³
Nildomar Soares Ferreira²
Péricles Guimarães Oliveira Aguiar⁴*

Resumo

Este trabalho tem como objetivo mostrar como foi possível eliminar a etapa de dessulfuração do gusa na estação de Pré Tratamento do Gusa (PTG) para os aços elétricos GNO produzidos na Aperam South América. Os estudos mostraram que, em função da redução do teor de enxofre do gusa a partir da mudança do redutor do Alto Forno 2, em junho de 2011, poderia ser eliminada a etapa de dessulfuração sem comprometer a qualidade do aço, tendo sido necessário adequar a composição química da escória na fase do refino secundário e otimizar o processo de dessulfuração do aço no desgaseificador a vácuo VOD. Este trabalho permitiu eliminar o uso do agente dessulfurante na estação PTG e reduzir o teor médio de enxofre de 15 ppm em 2010 para 5 ppm em 2012 para os aços elétricos GNO com 2% de silício e manter o mesmo teor para os aços elétricos GNO com 3% silício.

Palavras-chave: Dessulfuração; Aços elétricos de grão não orientado; Desgaseificação sob vácuo.

ELIMINATION OF PIG IRON DESULFURIZATION IN THE HOT METAL PRETREATMENT STATION FOR PRODUCTION OF NON GRAIN ORIENTED ELECTRIC STEEL

Abstract

This paper aims to show how it was possible to eliminate the hot metal desulphurization in the Hot Metal Pretreatment (PTG) for Electrical Steels NOG produced in Aperam South America. Studies have shown that, due to the reduction of sulfur content of hot metal, it could eliminate the desulfurization process without worsening the steel quality. However, it was necessary to adjust the chemical composition of the slag during secondary refining step and optimize the desulfurization process of steel in the Vacuum Oxygen Decarburization (VOD). This work has allowed us to eliminate the use of the dessulfurizing agent in the PTG station, and reduce the average sulfur content of 15 ppm in 2010 to 5 ppm in 2012 for 2% Silicon Electrical Steel NOG, and maintain the same level for 3% Silicon Electrical Steels NOG.

Key words: Desulfurization; Non oriented grain electrical steel; Vacuum degassing.

¹ *Contribuição técnica ao 44º Seminário de Aciaria – Internacional, 26 a 29 de maio de 2013, Araxá, MG, Brasil.*

² *Técnico Metalurgista; Analista Técnico da Gerência Executiva de Aciaria, Aperam South America, Timóteo, MG, Brasil.*

³ *Engenheiro Metalurgista; Assistente Técnico da Gerência Executiva de Metalurgia de Aços Elétricos, Aperam South America, Timóteo, MG, Brasil.*

⁴ *Engenheiro de Materiais; Assistente Técnico da Gerência Executiva de Metalurgia de Aços Elétricos, Aperam South America, Timóteo, MG, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

O aço elétrico de grão não orientado (GNO) é fabricado na Aperam South America via Aciaria a oxigênio. A sequência de produção segue na ordem listada abaixo:

- carro torpedão — transporte do ferro-gusa do alto forno para aciaria;
- estação PTG – redução dos teores de silício, fósforo e enxofre;
- conversor MRP-L – conversão do ferro-gusa em aço;
- forno panela – aquecimento elétrico do aço e adição de fundentes;
- estação VOD – redução do teor de carbono, nitrogênio e desoxidação do aço;
- e
- lingotamento contínuo – solidificação do aço na forma de placas.

Para melhor compreensão, a sequência de produção está representada esquematicamente na Figura 1.



Figura 1. Fluxograma de produção do aço GNO.

O controle do teor residual de enxofre é muito importante na fabricação dos aços GNO. Acima de certo valor, ele afeta as propriedades magnéticas do aço. O teor de enxofre no aço piora a perda magnética, afetando o desempenho do aço em sua aplicação (Figura 2).

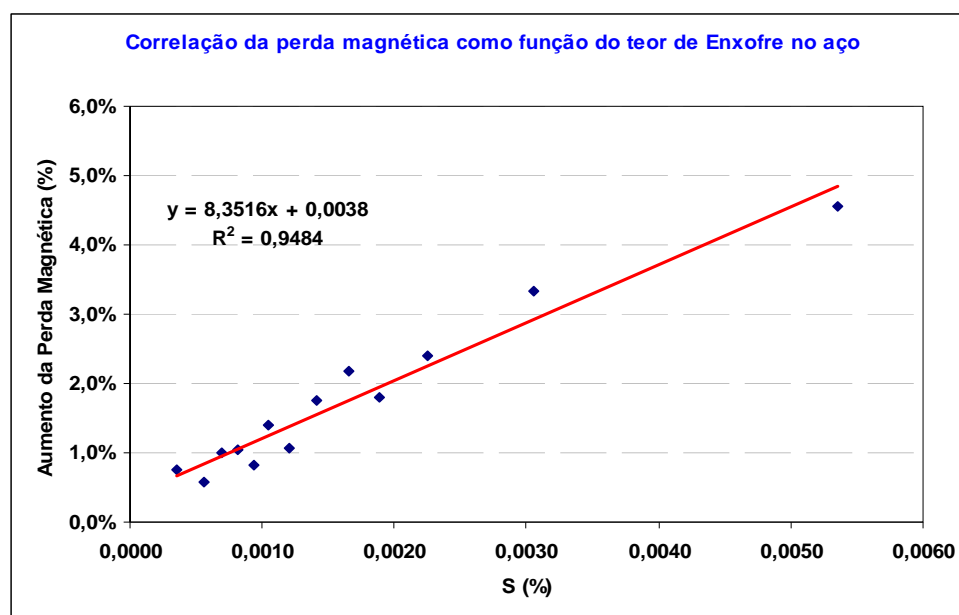


Figura 2. Aumento da perda magnética em função do teor de enxofre no aço GNO 2% silício na condição 10 T/ 60 Hz.

Os aços GNO 2% de silício apresentam uma perda magnética maior quando comparados aos aços GNO 3% de silício. Em função de maior exigência de performance dos aços GNO 3% de silício, o teor de enxofre objetivado é de no máximo 10 ppm e 20 ppm para o GNO 2% de silício. A Figura 3 apresenta a evolução do teor médio de enxofre no aço para o GNO com 2% e 3% com de silício.

Evolução do Teor médio de enxofre nos aços GNO 2% e 3% Silício

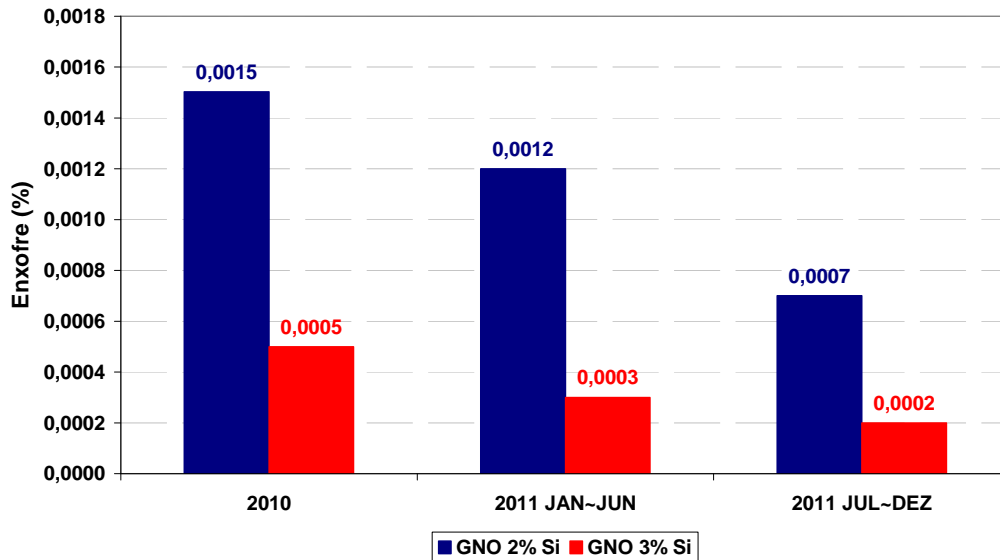


Figura 3. Evolução do teor médio de enxofre no aço para o GNO 2% e 3% de silício.

O teor de enxofre do aço pode ser controlado na etapa de dessulfuração tanto do gusa que é realizada na estação de Pré Tratamento do Gusa (PTG) como do próprio aço, que ocorre no degaseificador VOD. Controlar o teor de enxofre no gusa é fundamental para atingir teores ultra-baixos de enxofre no aço. Conforme apresentado na Figura 4, à medida que o teor de enxofre no gusa aumenta, maior é o teor de enxofre dissolvido no aço.

Teor de enxofre no Gusa X Teor de enxofre no Aço

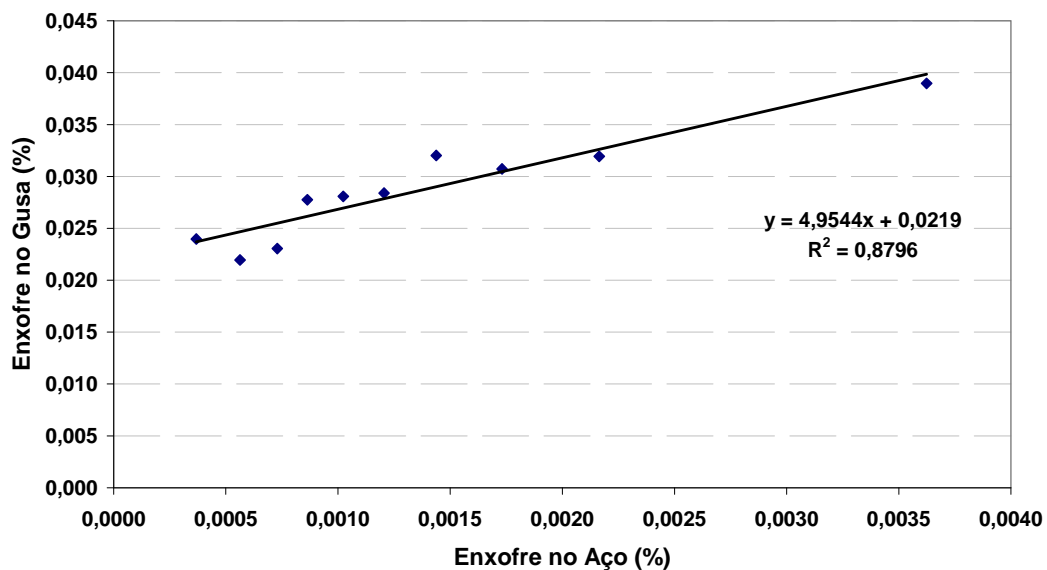


Figura 4. Correlação do teor de enxofre no gusa como função do teor de enxofre no aço.

Em 2011, com a mudança do redutor do Alto Forno 2 de coque metalúrgico para carvão vegetal, o teor de enxofre no gusa reduziu 26%, o que motivou iniciar um trabalho na Aciaria com o objetivo de eliminar a etapa de dessulfuração do gusa para produção dos aços elétricos GNO. A Figura 5 apresenta a evolução do teor de enxofre do gusa entre 2009 e 2011.

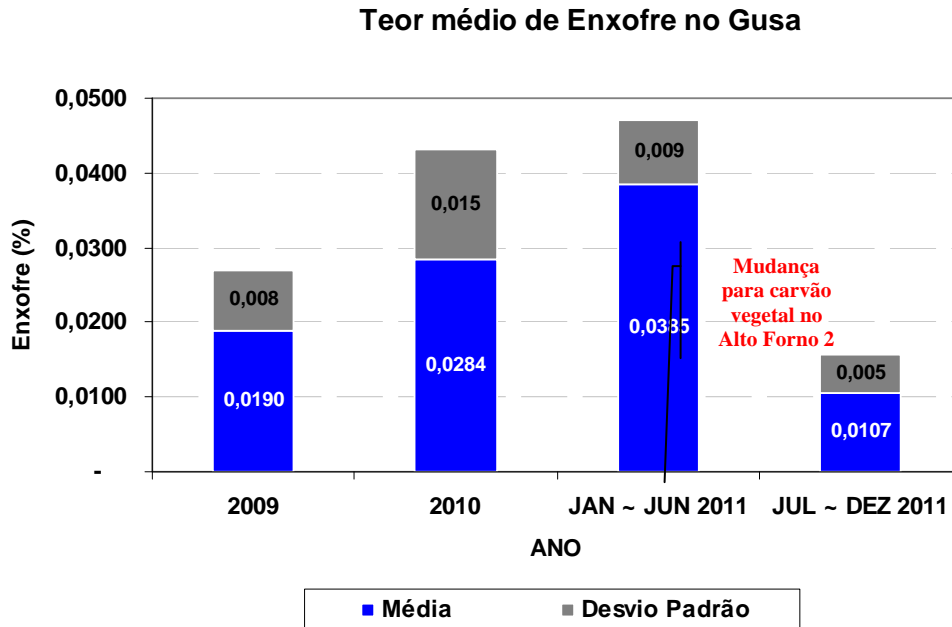


Figura 5. Evolução do teor médio de enxofre do gusa entre 2009 e 2011.

2 ADEQUAÇÃO NOS METODOS E NOS PROCESSOS DE ELABORAÇÃO DO AÇO NA ACIARIA

Para eliminar a etapa de dessulfuração do gusa na estação PTG e garantir um teor ultra-baixo de enxofre no aço, além da redução do teor de enxofre do gusa, foi necessário ajustar o processo de elaboração do aço no refino secundário. Este ajuste passou pela adequação da composição química da escória de panela e pelo tempo de homogeneização do aço no desgaseificador VOD.

2.1 Ajuste da Composição Química da Escória

De acordo com Ribeiro⁽¹⁾ os aspectos termodinâmicos que garantem uma dessulfuração eficiente são: baixa atividade do oxigênio no aço e na escória, alta atividade do CaO na escória e altas temperaturas.

A desoxidação do aço e da escória ocorre após a etapa de descarburização do aço no desgaseificador VOD com a adição de ligas de silício. Nesta etapa, tem-se a redução da atividade do oxigênio no aço e na escória e a temperatura do banho aumenta em função da reação exotérmica de formação da sílica (SiO₂).

Para garantir uma proteção ao refratário da panela, a sílica formada durante a desoxidação do aço e da escória é neutralizada pelo CaO presente na escória. O CaO é adicionado na forma de Cal Cálcica no Forno Panela, etapa que antecede o processamento do aço no desgaseificador VOD. Todas as ligas e fundentes, que contêm carbono em sua constituição, devem ser adicionadas antes da etapa de descarburização no desgaseificador VOD, visto que se objetiva obter o menor teor de carbono possível na composição química final dos aços GNO.

Além de neutralizar a sílica, o CaO reage com o enxofre dissolvido no aço promovendo a sua dessulfuração. O aumento da atividade do CaO na escória depende do aumento do valor da basicidade binária da escória (relação CaO/SiO₂). Correlacionando o teor de enxofre no aço como função do valor da basicidade binária da escória, é possível definir qual o valor ótimo da basicidade binária para garantir os teores objetivados de enxofre. A Figura 6 apresenta a relação entre o teor de enxofre dissolvido no aço e o valor da basicidade binária da escória (relação CaO/SiO₂).

Relação do teor de enxofre no aço em função da basicidade binária da escória

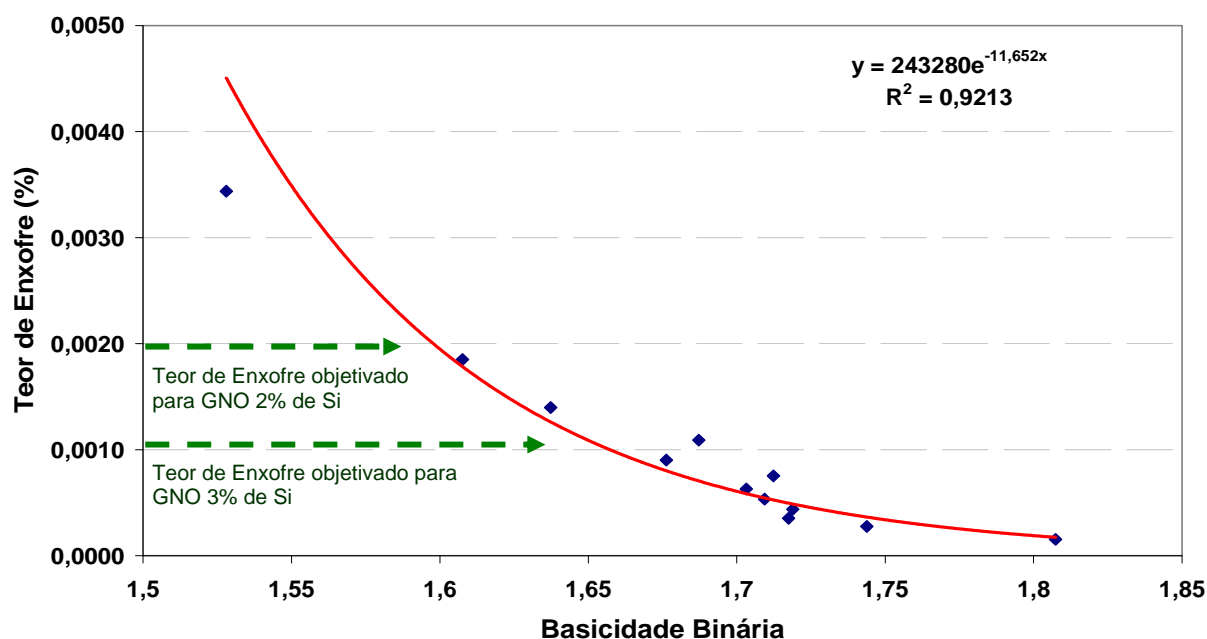


Figura 6. Relação do teor de enxofre no aço em função da basicidade binária da escória.

Como podemos observar na Figura 6 o valor da basicidade binária da escória apresenta uma correlação direta com o teor de enxofre presente no aço. Para o aço GNO 2% de silício a basicidade binária mínima que garante atingir o teor de enxofre objetivado é de 1,6, sendo que para o aço GNO 3% de silício este valor é aproximadamente 1,68.

2.2 Influência do Tempo de Homogeneização do Aço no Desgaseificador VOD

Outro ponto abordado por Ribeiro,⁽¹⁾ foi que os aspectos cinéticos complementam os termodinâmicos, dentro do objetivo de se atingir teores ultra-baixos de enxofre no aço.

A etapa de homogeneização do aço ocorre logo após a sua desoxidação e da escória no desgaseificador VOD. Nesta etapa, a sinergia entre aplicação de vácuo e a insuflação de gás inerte aumenta o coeficiente de transferência de massa entre metal e escória, permitindo obter uma dessulfuração profunda do aço.

O transporte de massa entre o metal e a escória ocorre por difusão da matéria e o tempo de tratamento é fundamental para atingir os teores de enxofre objetivados, já que à medida que o teor de enxofre reduz no aço, mais difícil e mais demorada é a remoção do mesmo.

Com o objetivo de estabelecer um tempo ótimo para a etapa de homogeneização, foram analisadas 7 corridas onde o tempo de homogeneização variou de 3 minutos a 8 minutos. Também é importante observar que as corridas selecionadas para os testes apresentavam características semelhantes (basicidade binária, pressão de vácuo e vazão de gás inerte). A Figura 7 apresenta os teores de enxofre no aço em função do tempo de homogeneização do aço no desgaseificador VOD.

Teor de enxofre no aço como função do tempo de homogeneização

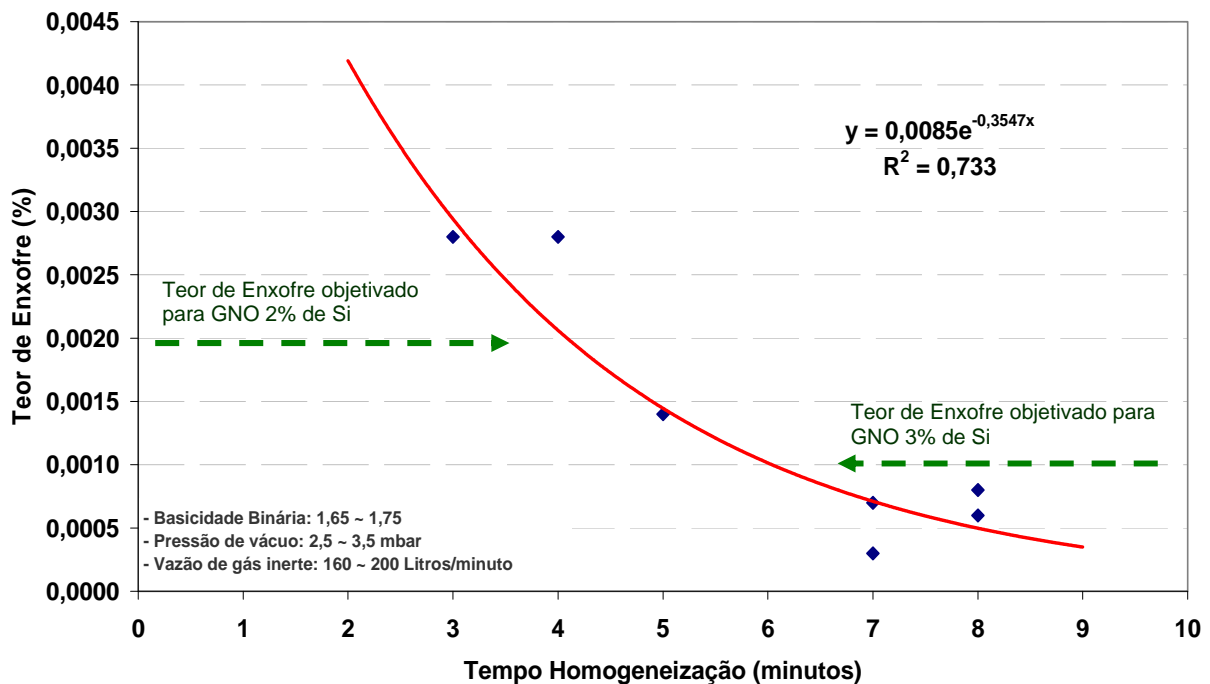


Figura 7. Teor de enxofre no aço como função do tempo de homogeneização do aço no desgaseificador VOD.

Como mostrado na Figura 7 e previsto por Ribeiro,⁽¹⁾ o tempo de tratamento apresenta grande influência no teor enxofre presente no aço. O tempo de homogeneização necessário para atingir os teores objetivados de enxofre varia entre 4 minutos e 7 minutos de acordo com o aço.

3 RESULTADOS

Depois do período de desenvolvimento e adequação dos métodos e processos de elaboração do aço na Aciaria somado à redução do teor de enxofre do gusa, os resultados apresentados nas Figuras 8 e 9 indicam o sucesso do trabalho realizado. Comparado com o resultado de 2010, foi possível reduzir o teor médio de enxofre no aço de 15 ppm para 5 ppm em 2012 para os aços GNO 2% de silício e manter o mesmo teor para os aços GNO 3% de silício. A Figura 8 apresenta a evolução do teor médio de enxofre no aço para o GNO 2% e 3% de silício.

Evolução do Teor médio de enxofre nos aços GNO 2% e 3% Silício

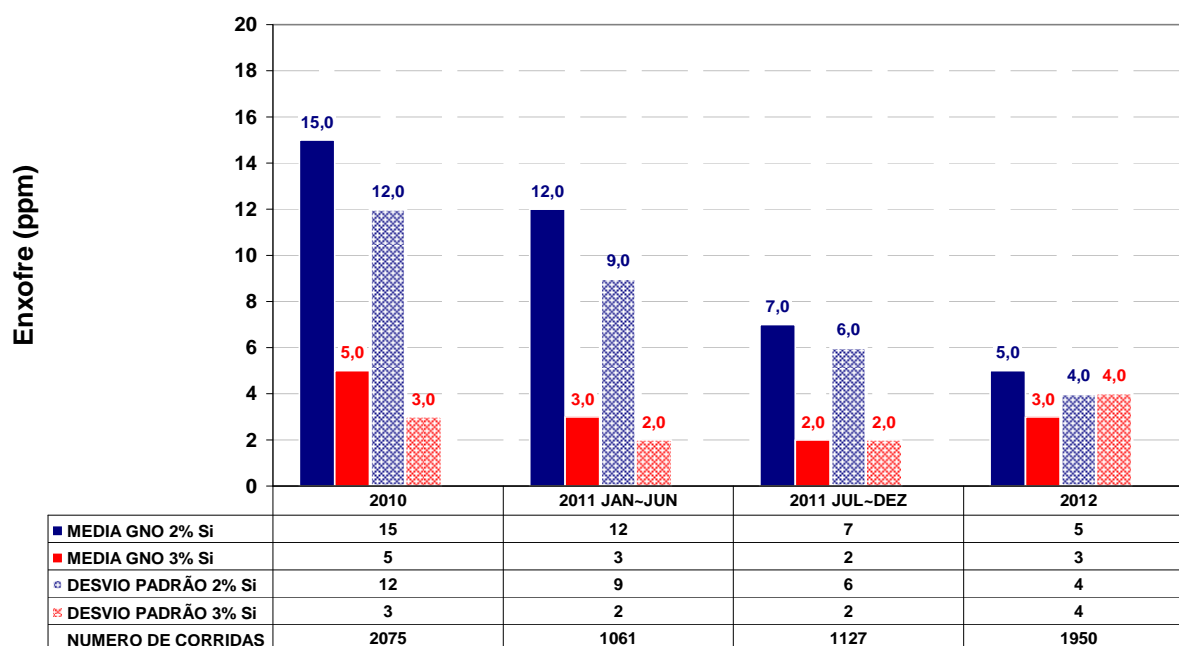


Figura 8. Evolução do teor médio de enxofre no aço para o GNO 2% e 3% de silício.

O índice de atendimento às faixas objetivadas de enxofre no aço aumentou 19 pontos percentuais de 2010 para 2012 nos aços GNO 2% de silício e 5 pontos percentuais nos aços GNO 3% de silício como pode ser observado na Figura 9.

Índice de atendimento ao teor objetivado de Enxofre no aço

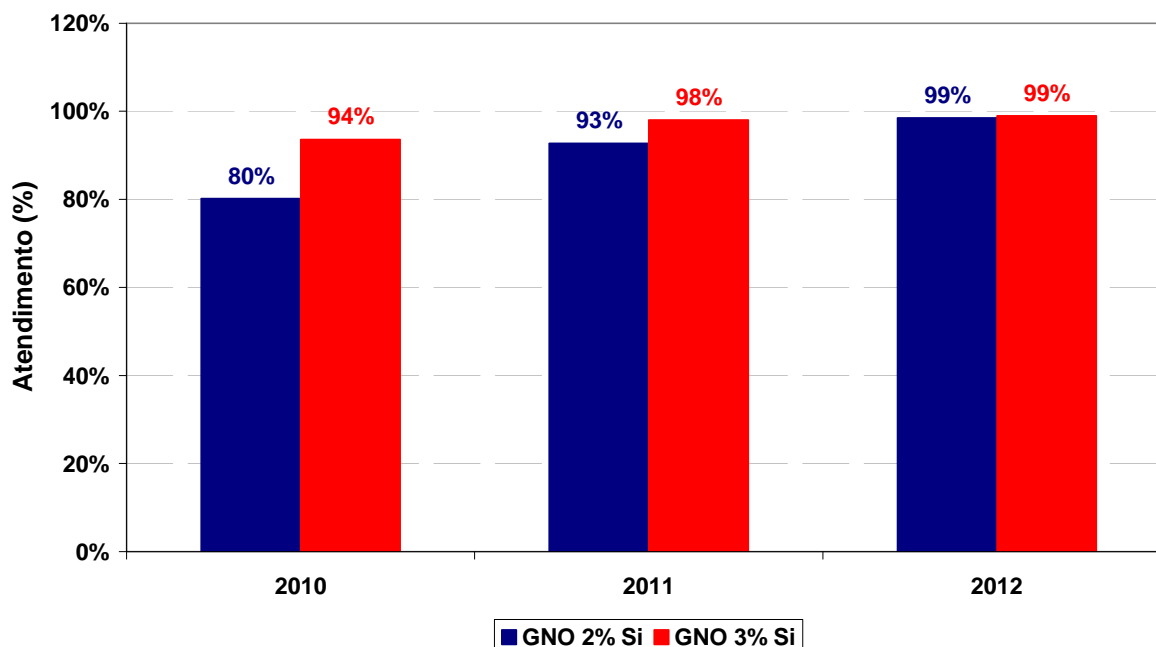


Figura 9. Evolução do índice de atendimento ao teor objetivado de enxofre no aço.

Em função do teor de enxofre no aço apresentar uma correlação direta com a perda magnética, o índice de atendimento à perda magnética objetivada no aço GNO 2% de silício aumentou 26 pontos percentuais de 2010 para 2012, diminuindo o desvio

de material por não atendimento a perda magnética. Os resultados de qualidade do aço GNO 3% de silício foram mantidos. A Figura 10 apresenta a evolução do índice de atendimento à perda magnética objetivada no aço GNO 2% silício.

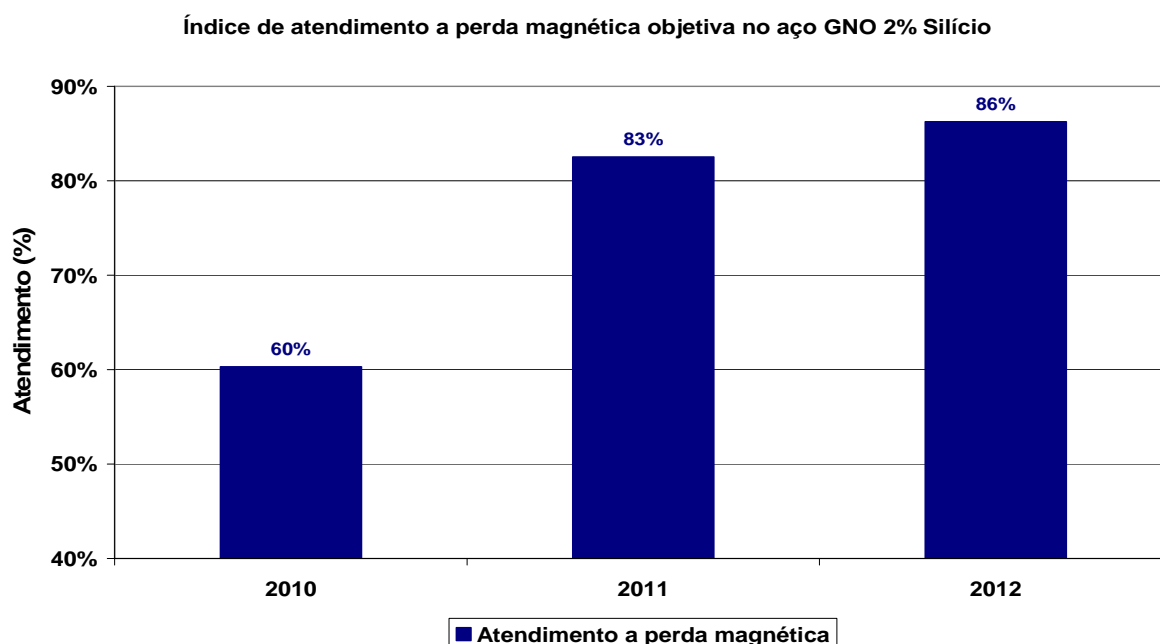


Figura 10. Evolução do índice de atendimento a perda magnética objetivada no aço GNO 2% silício na condição 10 T/ 60 Hz, espessura 0,54 mm e perda magnética máxima 2,91 W/kg.

Outro resultado alcançado com o trabalho foi a eliminação do uso do agente dessulfurante e da utilização da estação PTG, reduzindo o custo direto de fabricação do aço GNO e o tempo de elaboração do aço na Aciaria. A Figura 11 apresenta a redução do consumo de agente dessulfurante nos aços GNO.

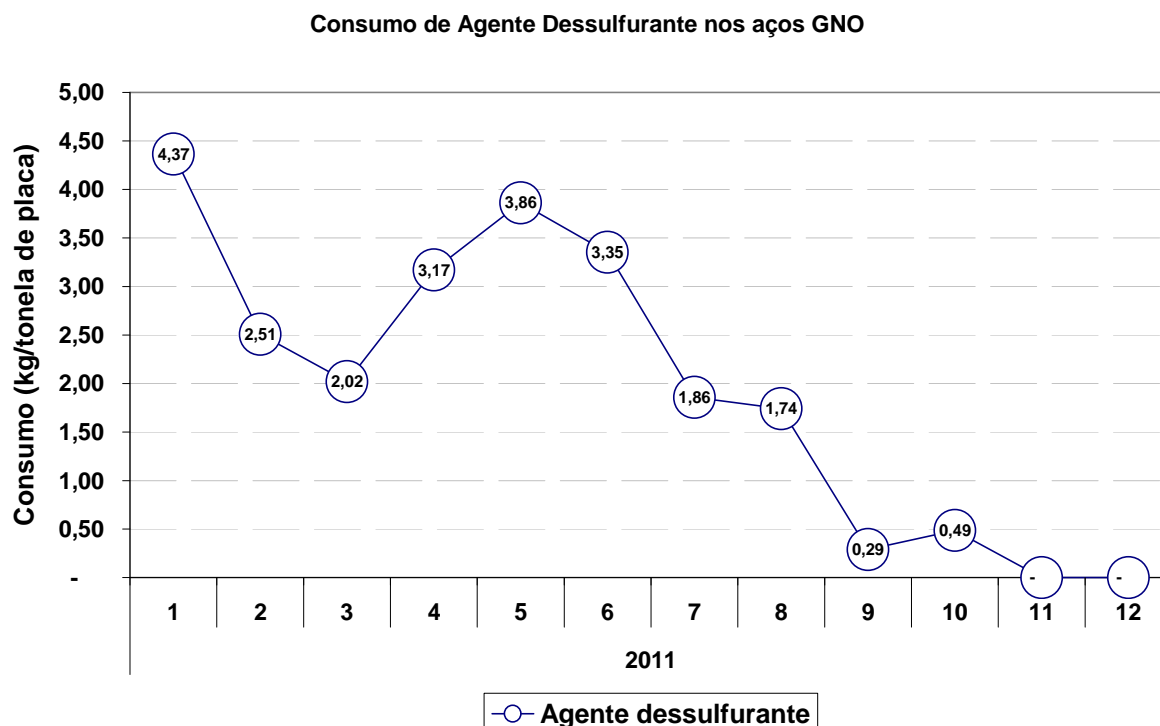


Figura 11. Evolução do consumo de agente dessulfurante nos aços GNO.

4 CONCLUSÃO

A redução no teor de enxofre do gusa combinada com a adequação nos processos de elaboração do aço GNO, permitiram reduzir o teor médio de enxofre no aço de 15 ppm em 2010 para 5 ppm em 2012 no aço GNO 2% de silício e manter o mesmo teor para o aço GNO 3% de silício.

A determinação do valor mínimo da basicidade binária e do tempo de homogeneização foi fundamental para garantir uma dessulfuração profunda do aço no desgaseificador VOD.

A redução no teor de enxofre do aço e o aumento do índice de atendimento aos teores objetivados de enxofre diminuíram o desvio de material por não atendimento à perda magnética no aço GNO 2% de silício e mantiveram os resultados de qualidade dos aços 3% de silício.

A eliminação do uso do agente dessulfurante e da utilização da estação PTG reduziu o custo direto da fabricação do aço GNO e o tempo de elaboração na Aciaria.

REFERÊNCIAS

- 1 RIBEIRO, D. B (coord); ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE METALURGIA E MATERIAIS. **Refino Secundário dos Aços**; Cursos ABM; Programa de Educação Continuada, 2010.