

IMPLANTAÇÃO DO SOPRO COMBINADO NOS CONVERTEDORES DA GERDAU AÇOMINAS – PROCESSO NK-CB¹

Rui Coelho de Assis Filho²
Marco Aurélio Almada Faria³
Hilton Luis Pereira Lopes⁴
Ulisses Xavier Barbosa⁵
Cláudio Soares⁵

Resumo

O sopro combinado nos dois convertedores da Gerdau Acominas foi implantado em 2005. O sistema NK-CB (*NKK Combined Blowing*) é um projeto da SPCO (*Steel Plantec CO.*) com assistência técnica da *JFE Engineering Corporation* e consiste de 6 ventaneiras com controle individual de vazão e pressão de Argônio e Nitrogênio. Com a implantação deste sistema obteve-se uma redução no consumo de fundentes de 21,7% e no nível de oxidação médio fim de sopro do aço nos convertedores de 1072 ppm para 723 ppm de O₂, com um aumento no rendimento metálico de 0,2%.

Palavras-chave: Converteedores LD; Sopro combinado.

IMPLANTATION OF THE BOTTOM STIRRING IN THE CONVERTERS AT GERDAU AÇOMINAS PLANT – NK-CB PROCESS

Abstracts

The combined blowing in the 2 converters at Gerdau Acominas was implanted in 2005. NK-CB System (*NKK Combined Blowing*) is a project of the SPCO (*Steel Plantec CO.*) with technical assistance of the *JFE Engineering Corporation* and it consists of 6 tuyeres with individual control of flow and pressure of Argon and Nitrogen. With the implantation of this system a reduction in the consumption of fluxes of 21,7% and in the average level of oxidation was gotten end of blow of the steel in the converters of 1072 ppm for 723 ppm of O₂, with an increase in the metallic yield of 0,2%.

Key words: LD Converters; Combined blowing.

¹ *Contribuição técnica ao XXXIX Seminário de Aciaria – Internacional, 12 a 16 de maio de 2008, Curitiba, PR, Brasil*

² *Técnico de Processo Sr do Desenvolvimento Técnico da Aciaria da Gerdau Açominas*

³ *Engenheiro de Processo da Magnesita Service.*

⁴ *Chefe de Área do Desenvolvimento Técnico da Aciaria da Gerdau Acominas*

⁵ *Engenheiro de Processo do Desenvolvimento Técnico da Aciaria da Gerdau Acominas*

1 INTRODUÇÃO

Em um forno básico a oxigênio, a movimentação do banho é gerada essencialmente pela energia transmitida pelo impacto do jato de oxigênio e pela energia de evaporação da formação de CO, gerado pela oxidação do carbono do gusa líquido carregado. Entretanto, há regiões do convertedor onde existem “zonas mortas”, ocorrendo variações de concentrações que resultam em diferentes potenciais de oxidação; além de na fase final de sopro, com a queda do teor de carbono, ocorrer também uma redução da geração de CO, prejudicando a homogeneidade térmica e química do banho.

O sopro de gás inerte pelo fundo vem suprir estas deficiências e promover também uma melhora na interação do banho metálico com a escória, favorecendo as reações de refino e reduzindo perdas de ferro para a escória, através da oxidação.

O processo NK-CB instalado na Aciaria da Gerdau Açominas, teve sua implantação acompanhada para uma adaptação das condições operacionais existentes e melhor aproveitamento das vantagens propostas por esta tecnologia no refino do gusa líquido, obtendo-se os resultados previstos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A Gerdau Açominas desde o seu início de operação integrada em Julho de 1986, possui dois convertedores com capacidade de 212 t de aço líquido, equipados com sub-lança em 1999 e com o sistema de sopro pelo fundo, tipo NK-CB, em março e julho de 2005, nos convertedores 1 e 2, respectivamente.

2.1 Principais Componentes do Sistema NKCB

- Compressores: 4 x 15 Nm³ / min, sendo: 2 de Nitrogênio;
1 de Argônio;
1 Reserva (Direcionado para Ar).
- Tanques de Armazenamento: 2 x 45 m³ / 2.94 MPa (Ar e N₂)
- Estação de válvulas para controle da pressão e vazão:
 - Entradas separadas para N₂ e Ar
 - 6 linhas principais + 1 reserva
- Junta Rotativa em aço inox (360°)
- Ventaneiras: 6 com vazão de 22 a 330 Nm³/ hora / ventaneira.
- Instrumentação: Controle independente de vazão e pressão por linha.

As ventaneiras são blocos refratários de Magnésio-carbono, com comprimento do bloco de 1046 mm e total de 1466 mm, contendo 91 tubos capilares de aço inox de 2 mm de diâmetro (Figura 1).

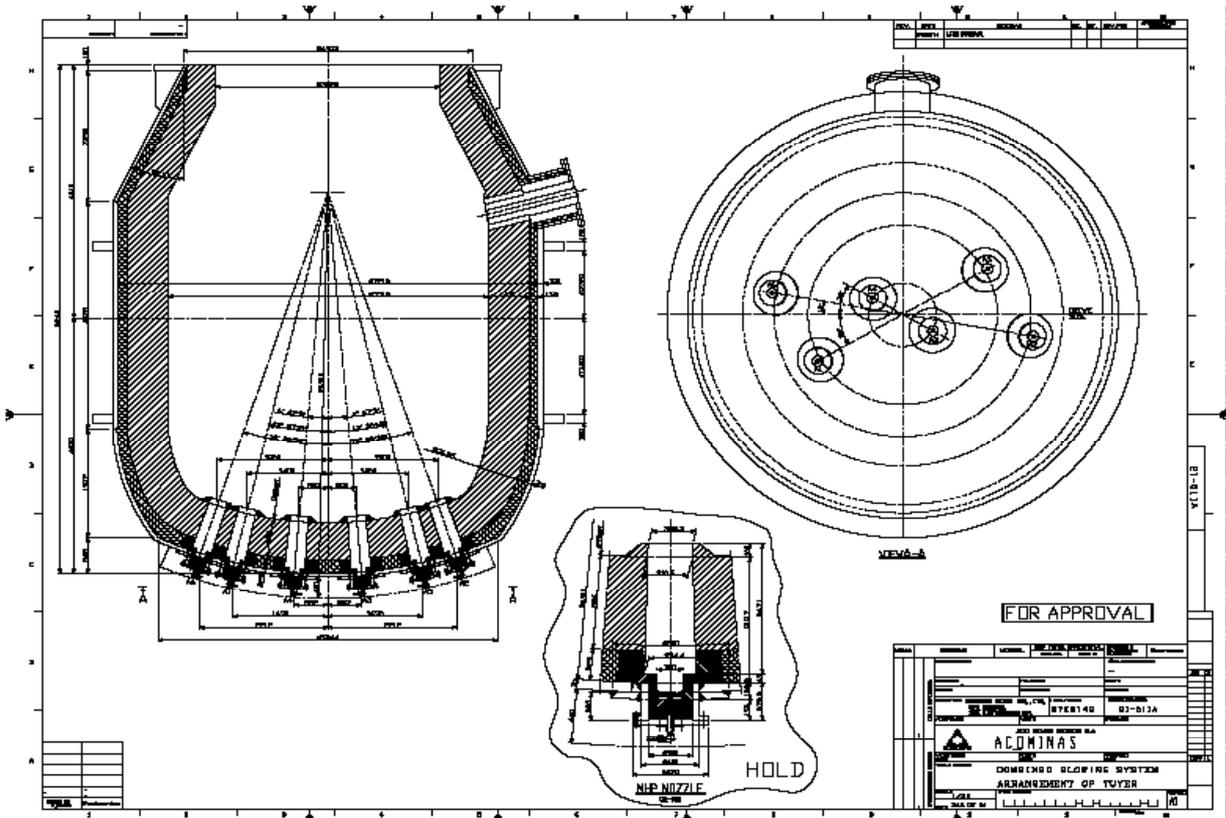
A disposição das ventaneiras (Figura 2) tem os seguintes objetivos:

- Reduzir o número total de ventaneiras, garantindo a agitação do banho e eliminando as zonas mortas do forno;
- Não coincidência das ventaneiras com os jatos de oxigênio da lança;
- Não coincidência com a posição de medição da sub-lança; e
- Redução do desgaste de refratário nos lados de carregamento e vazamento.



Fonte: Relatório interno GA

Figura 1: Ventaneira



Fonte: Desenho interno GA

Figura 2: Posicionamento das Ventaneiras nos Convertedores

2.2 Modos de Operação do Sistema NK-CB

O sistema possui 3 modos de operação e permite a utilização de até 20 padrões de sopro pelo fundo, controlados por sistema supervisorio (Figura 3):

2.2.1 Modo computador

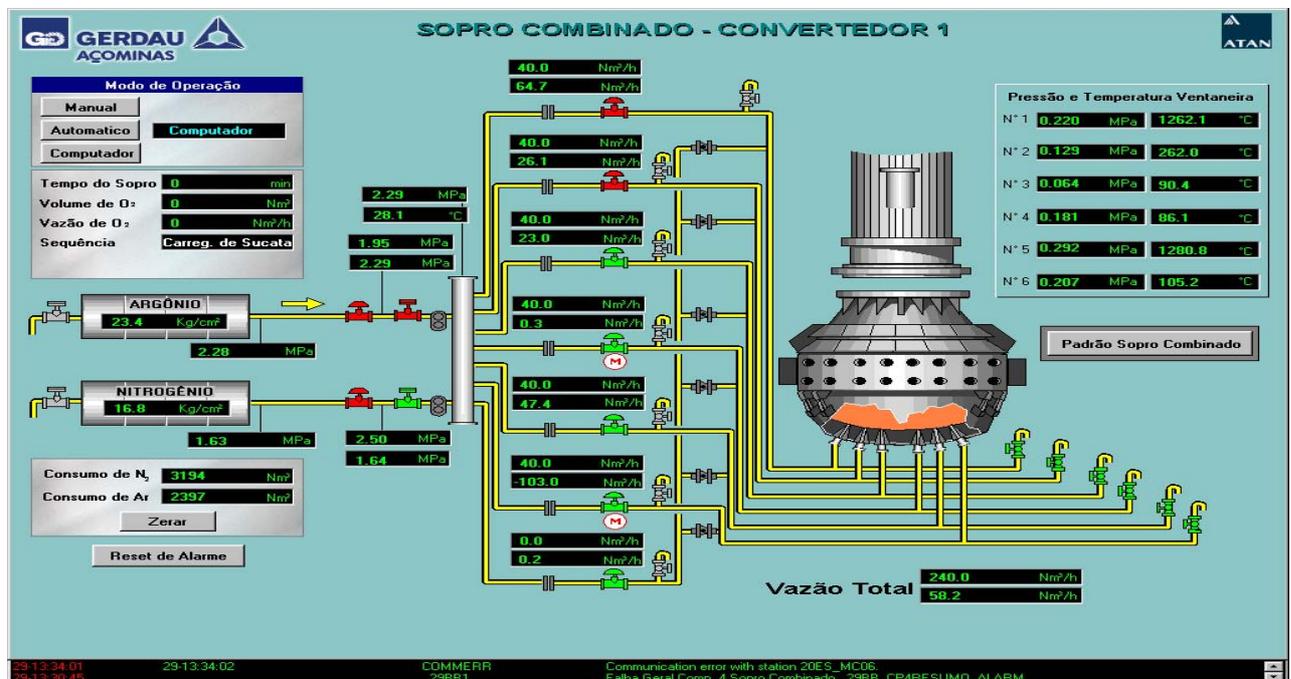
Neste modo o sistema busca automaticamente o padrão de sopro a ser usado, em função da especificação do aço a ser produzido.

2.2.2 Modo automático

Neste modo o operador pode determinar qual padrão de sopro será utilizado.

2.2.3 Modo manual

Este modo é utilizado apenas para testes e manutenção, pois todo controle como tipo e vazão de gás é feito através de comandos individuais na tela do supervisorio.



Fonte: Relatório interno GA

Figura 3: Tela do Supervisorio

2.3 Padrão Básico de Vazão de Gás

Tabela 1: Padrão da vazão de gás em função da etapa da corrida

Etapas da corrida	Vazão de gás (Nm ³ /h / ventaneira)
Espera (Forno vazio)	22
Carregamento	40
Sopro (até 70 %)	70
Sopro (71 a 100%)	220
Medição Sub-lança	60
Amostragem	70
Vazamento	40

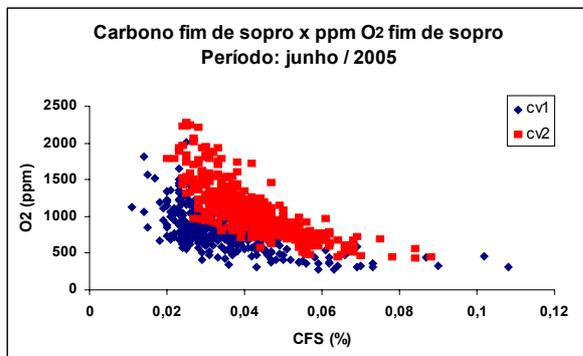
Fonte: Padrão interno GA

3 RESULTADOS METALÚRGICOS

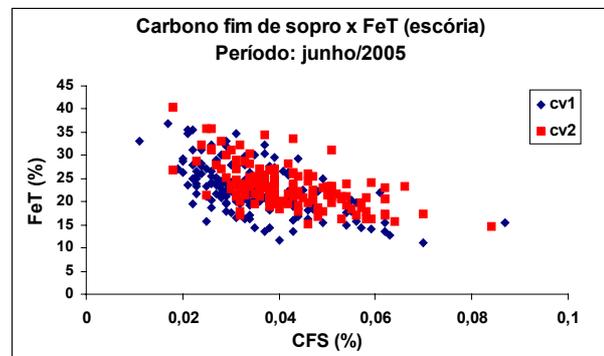
Foram analisados dados de corridas realizadas no convertedor 1 após a implantação do sopro combinado e feita comparação com a performance apresentada pelo convertedor 2 (sem o sopro pelo fundo) no mês de junho de 2005.

3.1 Nível de Oxidação

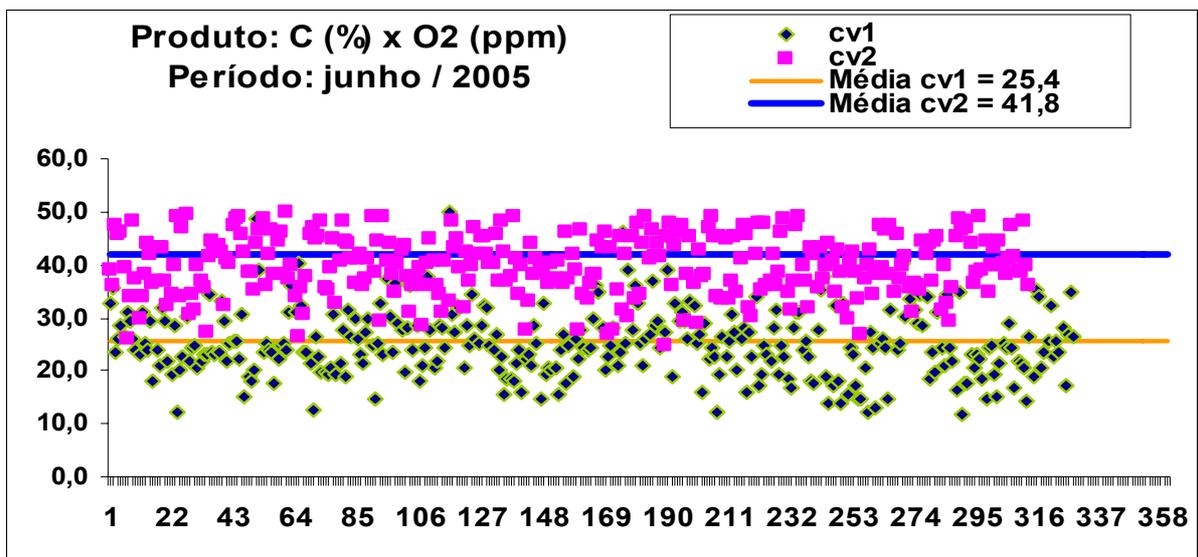
O aumento da cinética de reação entre o banho metálico e a escória no fim de sopro, devido à agitação induzida pela injeção de gás pelo fundo, apresenta como principais melhorias a redução nos teores de óxido de ferro na escória (29,72% para 27,63% para faixa 0,036% < C < 0,044% de vazamento) e a diminuição do oxigênio dissolvido no aço. A forte redução do nível de oxidação do banho pode ser constatada pelas relações FeT-C e O₂-C dos convertedores 1 e 2 (Figuras 4 e 5) e também pelo produto C x O₂ dos convertedores 1 e 2 (Figura 6).



Fonte: Relatório interno GA
Figura 4: Relação entre CFS e OFS



Fonte: Relatório interno GA
Figura 5: Relação entre CFS e FeT na Escória

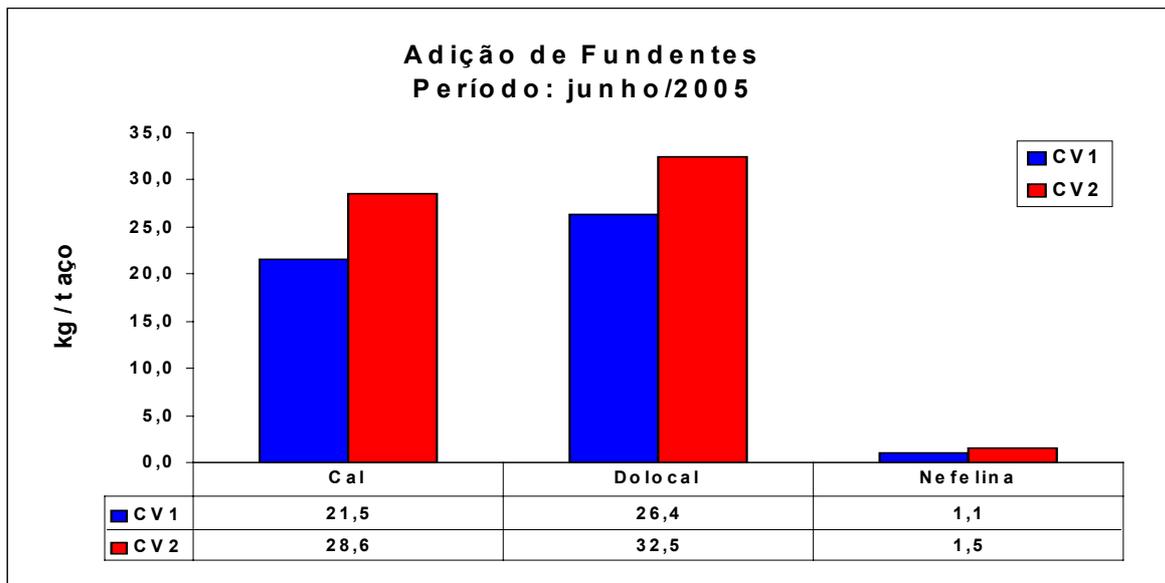


Fonte: Relatório interno GA

Figura 6: Produto do CFS e OFS

3.2 Adição de Fundentes

A redução da diferença entre a temperatura do banho e da escória e o aumento da superfície de contato, promovido pela agitação pelo fundo, acelera as reações na interface e se aproxima das condições de equilíbrio químico. Por essas razões, é possível reduzir a adição dos fundentes (cal, dolomita e nefelina), sem comprometer as reações químicas do processo. Ocorreu uma redução de 21,7% na adição de fundentes em relação ao convertedor 2, para um mesmo mix de produção (Figura 7).

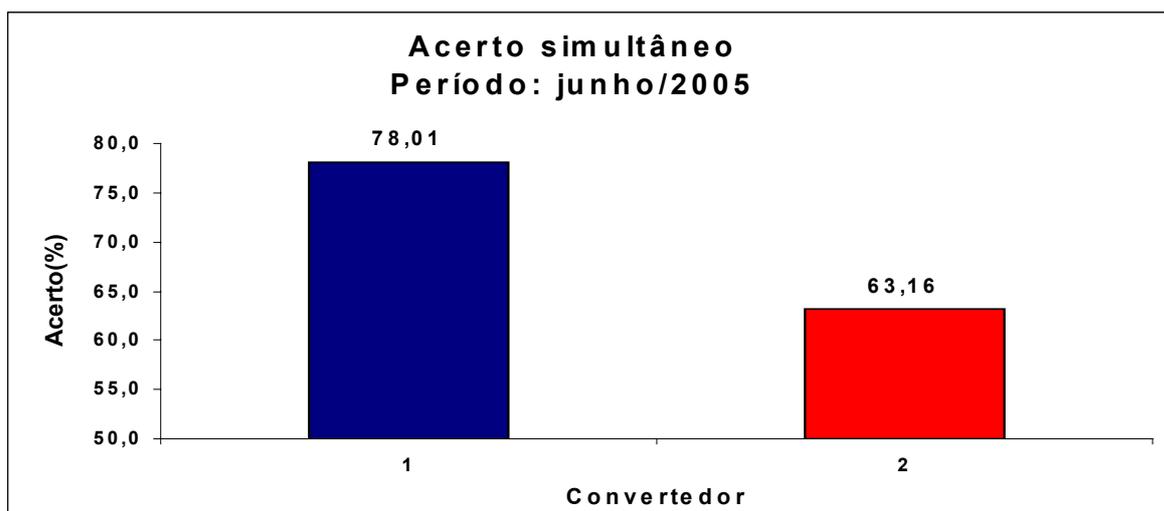


Fonte: Relatório interno GA

Figura 7: Adição de Fundentes por Convertedor

3.3 Acerto simultâneo de Carbono e Temperatura

O acerto de carbono e temperatura no final de sopro é um resultado que está diretamente ligado à produtividade. O aumento do índice de acerto reduz o tempo gasto com ações de resopro e resfriamento, diminuindo o tempo total de corrida. A entrada do sopro combinado contribuiu para melhorar a estabilidade operacional do convertedor 1 (homogeneização do banho e aumento da capacidade de fusão da sucata), aumentando o índice de acerto do carbono e da temperatura do aço fim de sopro (Figura 8).

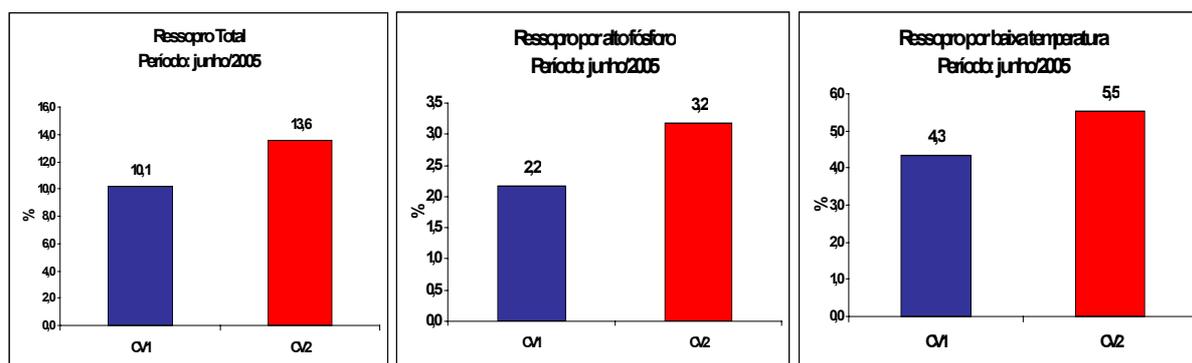


Fonte: Relatório interno GA

Figura 8: Acerto Simultâneo de Carbono e Temperatura Fim de Sopro

3.4 Ressorpro

O índice de ressorpro também mostrou resposta favorável com a entrada do sopro combinado, devido a melhora na dissolução dos fundentes e também na melhor capacidade de fusão da sucata (Figura 9).

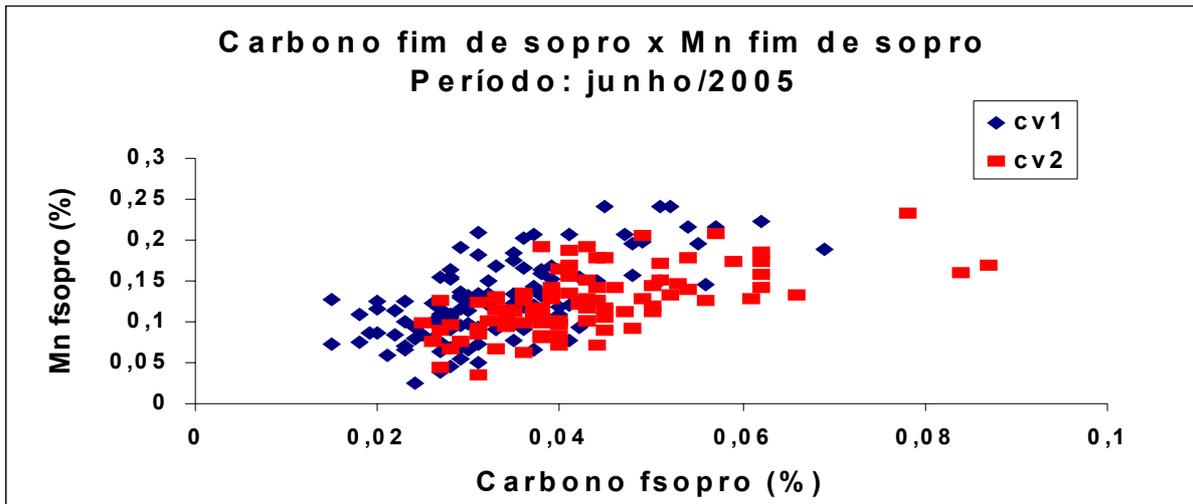


Fonte: Relatório interno GA

Figura 9: Ressorpro Total, Alto Fósforo e Baixa Temperatura

3.5 Recuperação de Manganês Fim de Sopro

Estatisticamente a recuperação de Mn é maior no convertedor com sopro combinado (mais 1,70 pontos percentuais), implicando num aumento de 0,01% no Mn fim de sopro (Figura 10). Maiores recuperações de Mn podem ser obtidas com a adição de minério de Mn durante o sopro e prática do pré-tratamento de gusa, o que reduz o volume de escória do processo.

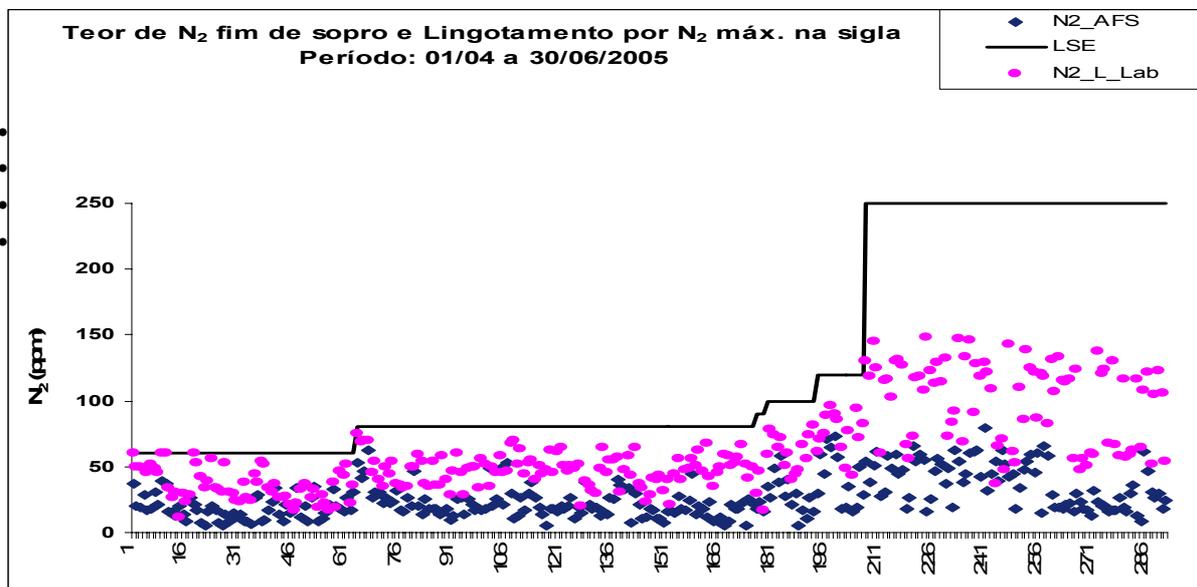


Fonte: Relatório interno GA

Figura 10: Relação entre o Carbono e o Manganês Fim de Sopro

3.6 Absorção de Nitrogênio

A influência do nitrogênio injetado pelo fundo mostrou que os padrões utilizados estão atendendo aos valores máximos de N₂ especificados nos aços (Figura 11).

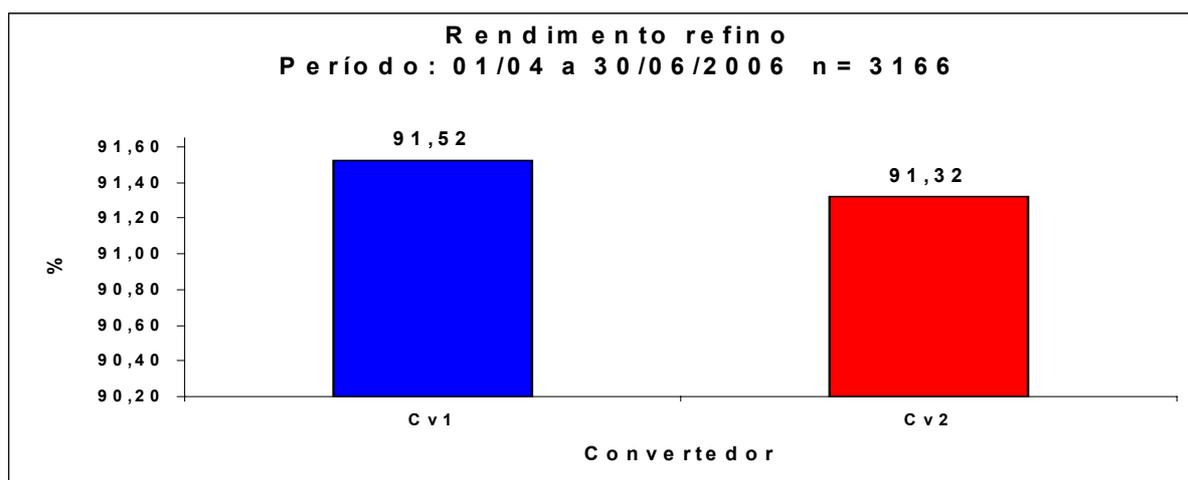


Fonte: Relatório interno GA

Figura 11: Nitrogênio nas amostras de Fim de Sopro e de Lingotamento

3.7 Rendimento em Aço Líquido

No rendimento de refino (rendimento de aço líquido sem as influências das ligas de ferro adicionadas no vazamento ou dos materiais com ferro na carga, adicionados durante o sopro), obteve-se um ganho de 0,2% com o sopro combinado em função da redução do teor de FeT e do volume da escória (Figura 12).



Fonte: Relatório interno GA

Figura 12: Rendimento de Refino

3.8 Consumo de Desoxidantes e Fe-ligas

Pelos dados levantados não foi possível mensurar o ganho com redução no consumo de desoxidantes e Fe-ligas.

4 DISCUSSÃO

O sistema NK-CB apresentou um bom funcionamento nos 3 modos de operação existentes, porém o controle de vazão de gás para os valores mínimos de trabalho apresentaram uma grande oscilação (Set = 22 Nm³/h/ventaneira; Real = 15 Nm³/h/ventaneira a 50 Nm³/h/ventaneira), que pela análise técnica efetuada, era decorrente da utilização de apenas uma válvula controladora de vazão para todo o range do sistema. Para valores acima de 50 Nm³/h a performance de controle é satisfatória. Para solução deste problema foi proposto e instalado pelo fornecedor uma válvula controladora de pressão na entrada da linha principal, após a válvula shut-off, o que reduziu a oscilação para valores de 15 Nm³/h a 40 Nm³/h, sem solucionar definitivamente o problema.

Os resultados metalúrgicos obtidos (Tabela 2) após a instalação do sopro combinado no convertedor 1, comparados com o convertedor 2 (sem o sopro combinado) mostrou a boa eficiência deste sistema, bem como os benefícios alcançados com esta tecnologia. Nos dados levantados não foi possível mensurar a redução do consumo de desoxidantes e Fe-ligas.

Tabela 2: Resultados Metalúrgicos

Ítems	Convertedor 1	Convertedor 2
O ₂ fim de sopro (ppm)	723	1072
FeO na Escória (%)	27,63	29,72
Cal Calcítica (kg / t aço)	21,5	28,6
Cal Dolomítica (kg / t aço)	26,4	32,5
Nefelina (kg / t aço)	1,1	1,5
Acerto Fim de Sopro C x T (%)	78,01	63,16
Ressopro Total (%)	10,1	13,6
Rendimento Refino (%)	91,52	91,32

Fonte: Relatório interno GA

Um dos desafios encontrados na implantação deste sistema foi eliminar o desgaste acentuado de refratário que ocorria na junção da sola e cone inferior, na região das ventaneiras da extremidade, causado pela agitação do banho neste ponto em função da passagem do gás sob a camada de escória protetora da sola.

Para solucionar este problema duas ações foram desenvolvidas:

- A modificação do perfil refratário do cone inferior nestas regiões, aumentando-se em 200 mm o comprimento dos tijolos e substituindo o tipo de material por um mais nobre.

- Alterar o método de controle da sola dos convertedores, passando a trabalhar com uma camada mais fina de escória protetora (da ordem de 200 mm), através de revisão do padrão de adição de Dolomita e do controle diário desta espessura.

O outro fator determinante para operação eficiente do sistema é a qualidade da manutenção, devendo-se ter uma preocupação constante quanto a vazamentos de gás, seja por rompimentos de mangotes e tubulações, conexões, válvulas e junta rotativa. Estes pontos de vazamento devem ser inspecionados e um plano de manutenção elaborado para eliminação destas anomalias durante a campanha de troca de revestimento refratário.

5 CONCLUSÃO

Os resultados de processo obtidos com a implantação do sistema de sopro combinado (NK-CB) nos convertedores da Gerdau Acominas confirmaram os benefícios esperados desta tecnologia.

Houve uma redução no nível de oxidação média de fim de sopro da ordem de 300 ppm de O₂, com ganho de rendimento de refino de 0,2%, bem como uma redução no consumo de fundentes de 21,7% e no índice der resopro de 3,5%.

É possível ainda otimizar este processo através de ajustes dos valores de injeção de gás, maior conscientização dos operadores quanto aos benefícios alcançados e de um plano de manutenção mais consistente.

Agradecimentos

Agradecemos à Área de Converteedores, de Projetos Estratégicos e de Desenvolvimento Técnico da Gerdau Acominas pelo desenvolvimento e análises deste projeto.

REFERÊNCIAS

- 1 BARÃO, Celso Dias (org). Fabricação de aço em forno básico a oxigênio. Programa de Educação Continuada - Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, Agosto 2006.
- 2 TECHNICAL SPECIFICATION For Combined Blowing System. Aço Minas Gerais S/ A – Gerdau Acominas, January , 2004.