



OTIMIZAÇÃO DA FASE DE REDUÇÃO EM CONVERSORES AOD¹

Décio Sartori Felix Filho²
Roberto Parreiras Tavares³

Resumo

O conversor AOD é o principal equipamento utilizado na produção de aços inoxidáveis. O processo de produção do aço inoxidável no AOD ocorre através da injeção de uma mistura de oxigênio e gás inerte no banho metálico, com o objetivo de fazer a oxidação seletiva do carbono. Porém, durante esta etapa, ocorre também a oxidação de metais nobres, tais como cromo e, para que o processo seja economicamente viável, é necessário recuperar este cromo oxidado. No presente trabalho, foi avaliado, então, o efeito do aumento da vazão e a redução do tempo de injeção do gás inerte na etapa de recuperação dos metais oxidados do conversor AOD-L da ArcelorMittal Inox Brasil. A partir dos resultados obtidos, recomenda-se alterar a vazão de argônio para 77Nm³/min e o volume para 620 Nm³, reduzindo o tempo de processamento em 2,5 minutos e elevando a produtividade do AOD em mais de 2 toneladas por hora.

Palavras-chave: Aços inoxidáveis; Recuperação de cromo; AOD-L.

OPTIMIZATION OF THE REDUCTION PHASE IN AOD-L CONVERTER

Abstract

The AOD converter is the most important process for the production of stainless steels. The production of stainless steels in AOD converters is developed by injection of a mixture of oxygen and inert gas into the metallic bath, to selectively oxidize the carbon. However during this stage, the oxidation of noble metals, such as chrome, takes place and, in order to make the process economically viable, it is necessary to recover this oxidized chrome. In the present work, tests were carried out changing the volume and the flow rates of inert gas injected during the reduction phase. It is then recommended to use an argon flow rate of 77Nm³/min and a volume of 620Nm³, decreasing the processing time in 2,5 minutes and increasing the AOD productivity in more than 2 tons per hour.

Key words: Stainless steel; Chromium recovery; AOD-L.

¹ Contribuição técnica ao 41º Seminário de Aciaria – Internacional, 23 a 26 de maio de 2010, Resende, RJ, Brasil.

² Engenheiro Metalúrgico, MSC Engenheiro de Controle da Aciaria.

³ Sócio da ABM, Professor do Departamento de Engenharia Metalúrgica da UFMG.



1 INTRODUÇÃO

O aumento da demanda de aços inoxidáveis nas últimas décadas fez com que uma gama de diferentes processos de fabricação em conversores fossem desenvolvidos. Atualmente o processo em conversores AOD ocupa a liderança absoluta na produção de aços inoxidáveis, pois permite obter alta produtividade, além de possibilitar uma produção com qualidade e custo competitivos.

O conversor (também chamado de convertedor) AOD cuja sigla significa *Argon Oxygen Decarburization* é um vaso de aço, na forma de barril, revestido com tijolo refratário em seu interior e com uma abertura na parte superior para receber o banho metálico e escoar a escória e o aço inoxidável. É caracterizado, principalmente, pelo sopro de uma mistura de oxigênio e gás inerte na lateral do vaso, através de ventaneiras, sendo que esta mistura penetra no banho metálico, promovendo rápidas reações e agitação no banho, que são os grandes diferenciais desse processo. Em alguns conversores (AOD-L) também é instalada uma lança, com o objetivo de aumentar a taxa de injeção de oxigênio e com isso reduzir o tempo de processamento do aço inoxidável.

No processo de fabricação do aço no AOD, durante o período de sopro de oxigênio para a redução do teor de carbono no banho, metais tais como cromo, manganês e ferro também são oxidados. Por isso, ao final do processo de descarburização, é indispensável a recuperação destes metais, principalmente do cromo, devido ao seu elevado custo.

A fase de recuperação dos metais oxidados é denominada de fase de redução, sendo que nesta fase, gás inerte e liga redutora, promovem reações químicas na interface metal-escória possibilitando a recuperação destes metais. Atualmente, a fase de redução é realizada com a adição de ferro silício e a injeção de 550 Nm³ de argônio nas ventaneiras à uma vazão de 52 Nm³/min, ou seja, o tempo gasto na recuperação do cromo é fixo (aprox. 11 min) e a vazão inferior ao valor máximo especificado das ventaneiras.

Como na maioria dos aços inoxidáveis produzidos na Aciaria o conversor AOD-L é o equipamento que limita o fluxo produtivo (gargalo), qualquer redução de tempo no processamento do aço no conversor aumenta a produtividade da Aciaria. Com o intuito de reduzir o tempo no conversor e buscar a otimização do processo, foi avaliado neste projeto, o efeito da alteração da vazão e do volume dos gases injetados na fase de redução, sobre a eficiência da recuperação do cromo, bem como da remoção do enxofre e do nitrogênio no aço inoxidável austenítico ACE P304A.

Após a realização dos testes industriais, foi feita uma avaliação estatística dos efeitos das alterações e, verificada a qualidade final das placas produzidas após o processo de laminação a frio. Com base nestas análises, foi possível determinar dentre as condições testadas, quais são os valores mais adequados para a fase de redução, buscando o aumento na produtividade e a redução no custo de produção.

2 OBJETIVO

Este projeto tem como objetivo alterar o volume e a vazão de gases injetados na fase de recuperação dos metais oxidados e avaliar o efeito destas alterações na recuperação do cromo e nos teores de enxofre e nitrogênio do aço inoxidável produzido



no conversor AOD-L, identificando, dentre as condições testadas, o volume e a vazão mais adequados para a otimização do processo.

3 METODOLOGIA

3.1 Fundamentação Teórica

Na produção em conversores AOD, a recuperação dos metais nobres oxidados é realizada com ligas a base de silício, devido à atratividade técnica e econômica. A reação global da redução do cromo oxidado presente na escória pela adição da liga de ferro silício pode ser expressa como:



A eficiência de recuperação dos óxidos (Cr_2O_3) está diretamente relacionada à desoxidação (redução do teor do oxigênio) do aço, ou seja, o controle do oxigênio nos aços inoxidáveis é feito pela presença de silício no banho sendo que o ferro silício adicionado deve estar em quantidades suficientes para garantir as reações de desoxidação no aço e as reações de redução dos óxidos nobres na escória.⁽¹⁾

As condições cinéticas e termodinâmicas na recuperação do cromo no processo AOD, durante o período de desoxidação com ferro silício, são afetadas pela basicidade da escória, temperatura, cinética de dissolução dos agentes redutores, e agitação nas interfaces metal/escória dentro do conversor.⁽²⁾

Vários pesquisadores estudaram o comportamento dinâmico dos fluidos e das adições de ferro silício no processo AOD durante o período de redução e observaram que o aumento da vazão de gás injetado propicia uma melhor agitação do banho, favorecendo as reações entre o aço e a escória (mistura efetiva) em uma zona localizada entre as bolhas ascendentes e a parede oposta às ventaneiras, conforme mostra a Figura 1.

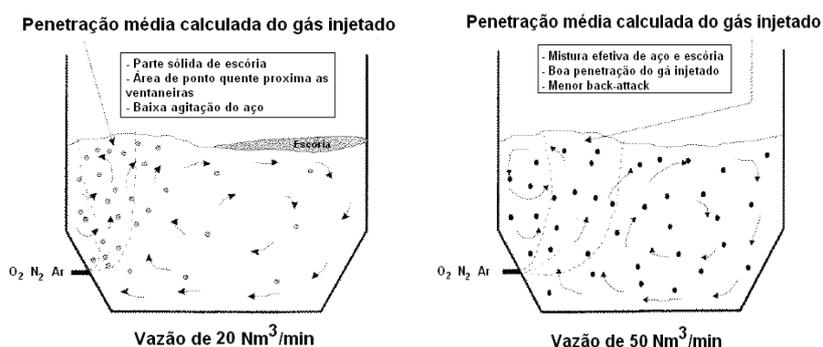


Figura 1. Descrição esquemática dos efeitos das vazões em um modelo à água.⁽³⁾

A recirculação de metal próxima a região das ventaneiras cria um efeito denominado de *back-attack*. Pode-se observar na Figura 1 que o aumento da vazão favorece a redução deste efeito propiciando um menor desgaste refratário na região acima das ventaneiras.



Como na fase de redução ocorre a desoxidação do banho através da adição de ferro silício, os mecanismos de dessulfuração (remoção do enxofre) e desnitrigenização (remoção do nitrogênio) também são favorecidos.

A dessulfuração acontece durante a fase de redução e pode ser expressa como:



Na fase de redução, devido à adição de silício e, conseqüente, formação de sílica na escória (reações de recuperação do cromo oxidado), a dessulfuração é favorecida, principalmente porque a sílica contribui para dissolução da cal, pois somente a parte líquida da cal (parte dissolvida) que promove a reação de remoção do enxofre. Além disso é importante um ótimo contato entre o enxofre presente no aço e a CaO da escória, sendo necessária uma forte agitação do banho, como a que acontece durante o estágio de redução. O aumento da vazão, portanto, favorece ainda mais a reação de remoção do enxofre.

A Figura 2 mostra a relação entre a eficiência de dessulfuração em função dos teores de Cr_2O_3 e MnO presentes na escória.

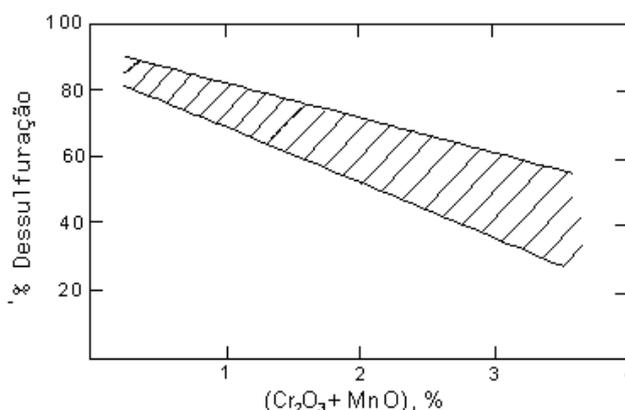


Figura 2. Eficiência de dessulfuração em função dos teores de Cr_2O_3 e MnO da escória.

Na produção de aços inoxidáveis no AOD, deve-se controlar o teor de nitrogênio do aço através da injeção de argônio, a fim de evitar ajustes de nitrogênio após o vazamento do aço. Este controle deve ser o mais preciso possível, afim de garantir menores consumos de argônio e maiores produtividades no conversor. A remoção do nitrogênio pode ser feita durante o processo de descarbonização ou apenas no processo de redução, dependendo do teor de nitrogênio especificado.

Na etapa de redução, os óxidos são reduzidos e ao mesmo tempo a quantidade de oxigênio e enxofre no aço diminuem consideravelmente, o que facilita e acelera o processo de remoção do nitrogênio.⁽⁴⁾

A taxa de remoção de nitrogênio depende das reações químicas na interface metal/gás. Desta forma, aumentando a área de contato entre o metal e as bolhas, a remoção de nitrogênio pode ser favorecida. Como a área de contato entre o metal e as bolhas está relacionada à vazão do gás injetado, quanto maior a vazão, maior o contato entre as bolhas e o metal, o que pode favorecer o processo de remoção do nitrogênio.



3.2 Realização dos Testes Industriais

No principal processo de produção do aço inoxidável ACE P304A (processo FEA-PTG), a carga metálica carregada no convertedor AOD-L é composta de sucata inoxidável fundida no forno elétrico a arco (FEA) e ferro gusa desfosforado na estação de tratamento do gusa (PTG). Após realizar o carregamento do AOD-L com a carga metálica, ocorre o sopro de oxigênio e gás inerte e, as adições de ferro ligas e fundentes. Ao final do processo de descarburização é realizada a fase de redução onde é injetado argônio pelas ventaneiras e adicionados ferro silício, fluorita e cal.

A quantidade de ferro silício a ser adicionada na fase de redução é calculada considerando a oxidação de cromo durante o sopro de oxigênio e as quantidades de fluorita e cal são calculadas pelo modelo de cálculo do convertedor, denominado de TopAOD. As vazões e os volumes a serem injetados nos testes estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Condições de realização dos experimentos

Condições	Nº de testes realizados	Vazão de argônio (Nm ³ /min)	Volume de argônio (Nm ³)	Tempo de injeção (min)
1	6	52	520	10
2	6	52	470	9
3	7	52	420	8
4	6	67	670	10
5	5	67	600	9
6	7	67	540	8
7	6	77	770	10
8	8	77	700	9
9	7	77	620	8

Durante a realização dos testes industriais foram coletadas amostras e realizadas as medições da temperatura do aço antes da fase de redução, ou seja, imediatamente após o teor de carbono do banho atingir o objetivo final especificado na prática atual de produção, conforme medições do modelo da Carbometria. Em seguida, foi realizada a injeção de argônio pelas ventaneiras do convertedor e, simultaneamente, adicionadas as ligas de ferro silício, fluorita e cal.

Após a injeção do volume total de argônio proposto para cada experimento, conforme Tabela 1, foi realizada uma amostragem da escória, seguida de uma nova amostragem do aço e uma nova medição de temperatura, ambas conforme procedimentos padrões das atividades.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item será apresentada a análise estatística dos dados bem como uma análise de qualidade. As análises estatísticas mostram que é possível otimizar a fase de redução com benefícios na qualidade do produto final. A seguir são apresentadas estas análises.



4.1 Análise Estatística dos Dados

Após a realização dos testes industriais, foi feita uma avaliação estatística dos efeitos da alteração da vazão e do volume de argônio injetados na fase de redução por meio do software estatístico (Minitab) utilizando as seguintes ferramentas estatísticas:

a) ANOVA DE UM FATOR: É um método para comparar três ou mais condições, definida por uma variável resposta, através de testes de hipóteses com as correspondentes médias.

b) COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS: É um método que identifica dentre um grupo de condições quais estão estatisticamente envolvidos entre si, ou seja, compara cada condição com as outras identificando se há ou não diferença estatisticamente significativa entre elas.

c) REGRESSÃO MÚLTIPLA: É um método que descreve o relacionamento estatístico entre uma variável (variável resposta), e duas ou mais variáveis explicativas.

Para validar os resultados das ferramentas estatísticas, foi avaliado, através de gráficos, se os resíduos (diferença entre o valor observado menos o valor médio) seguem as suposições de distribuição normal com média zero, variância constante e ausência de correlação entre os resíduos ⁽⁵⁾.

4.1.1 Escolha da variável resposta

A eficiência na fase de redução está associada à eficiência de recuperação dos metais oxidados, bem como da remoção de enxofre e nitrogênio contidos no aço. Portanto, nas análises estatísticas foram avaliados os efeitos da alteração do volume e da vazão para as seguintes variáveis respostas:

- Teor de cromo oxidado (Cr_2O_3) na escória:

A eficiência da recuperação dos metais oxidados está associada à quantidade de cromo oxidado presente na escória antes e após a fase de redução. Como não foi possível coletar amostra antes da redução, devido à heterogeneidade e qualidade da escória (sólida), bem como da dificuldade de realizar a preparação da amostra no laboratório, devido ao elevado teor de óxidos presentes, foi avaliado o teor de Cr_2O_3 contido na escória após a fase de redução, sendo que quanto menor o valor do cromo oxidado maior, a eficiência da recuperação dos metais.

- Índice de remoção do enxofre:

A eficiência da remoção de enxofre está associada à quantidade de enxofre presente no aço antes e após a injeção de argônio na fase de redução. Esta eficiência foi determinada através do índice de remoção do enxofre, definida pela equação 3, sendo que, quanto maior o índice, maior é a eficiência de remoção do enxofre.

$$I_{RS} = \frac{(\% S_{ini} - \% S_{fin})}{\% S_{ini}} \cdot 100 \quad (3)$$

Onde:

I_{RS} – Índice de remoção do enxofre,

$\% S_{ini}$ – Teor de enxofre antes da fase de redução (%),

$\% S_{fin}$ – Teor de enxofre após a fase de redução (%).



- Índice de remoção do nitrogênio:

De maneira similar, o índice de remoção do nitrogênio foi determinado pela equação 4, sendo que, quanto maior o índice, maior é a eficiência de remoção do nitrogênio.

$$I_{RN} = \frac{(N_{ini} - N_{fin})}{N_{ini}} \cdot 100 \quad (4)$$

Onde:

I_{RN} – Índice de remoção do nitrogênio,

N_{ini} – Teor de nitrogênio antes da fase de redução (ppm),

N_{fin} – Teor de nitrogênio após a fase de redução (ppm).

4.1.2 Análise estatística da variável resposta

Para análise das variáveis respostas foi utilizado o teste de hipótese com objetivo de comparar se as amostras possuem as mesmas características quanto à média.

Para realizar o teste ANOVA, tem-se que considerar duas hipóteses:

- hipótese nula: as médias das condições testadas para a variável resposta são iguais; e
- hipótese alternativa: há pelo menos uma das condições que tem uma média diferente.

No teste de hipótese se o valor-p for igual a 0,000 indica que se deve rejeitar a hipótese nula, ou seja, há pelo menos uma condição em que a média difere da(s) média(s) das outra(s) condição(s). As Tabelas 2, 3 e 4 mostram os resultados destes testes.

Tabela 2. Tabela ANOVA para o teor de Cr_2O_3 na escória

Source	DF	SS	MS	F	P
Condição	8	1,408	0,176	1,23	0,303
Error	49	7,024	0,143		
Total	57	8,431			

Tabela 3. Tabela ANOVA para o índice de remoção do enxofre no aço

Source	DF	SS	MS	F	P
Condição	8	372,9	46,6	1,36	0,237
Error	49	1679,2	34,3		
Total	57	2052,1			

Tabela 4. Tabela ANOVA para o índice de remoção do nitrogênio no aço

Source	DF	SS	MS	F	P
condição	8	552,5	69,1	6,83	0,000
Error	51	515,6	10,1		
Total	59	1068,1			

Observa-se nas tabelas acima que os testes para o teor de Cr_2O_3 na escória e para o índice de remoção de enxofre não apresentaram diferença estatística significativa entre as médias (valor-p > 0). Já o teste do índice de remoção do nitrogênio apresentou um valor-p inferior a 0,05 (95 % de confiança) , ou seja, apresenta evidência de diferença entre as médias.



Para verificar qual a condição que apresenta diferença estatística significativa quando comparada com outra, foi aplicada a ferramenta de comparações múltiplas utilizando o teste de Tukey. O resultado do teste detectou que a condição 7 (77 Nm³/min e 10 min) apresentou a maior média, seguida das condições 8 (77 Nm³/min e 9 min) e 4 (67 Nm³/min e 10 min), ou seja, nestas três condições o volume de argônio injetado foi superior a 670 Nm³. Portanto, pode-se dizer que o volume de argônio injetado interfere na remoção do nitrogênio, sendo que, quanto maior o volume injetado, maior é o índice de remoção do nitrogênio.

No teste de Tukey observou-se também que as condições 3 (52 Nm³/min e 8 min), 6 (67 Nm³/min e 8 min) e 9 (77 Nm³/min e 8 min) não apresentaram diferenças estatísticas significativas quando comparadas a condição atual (vazão 52 Nm³/min e tempo 10 min), ou seja, a redução do tempo na fase de redução não apresenta diferença estatística no índice de remoção do nitrogênio quando comparada ao processo atual.

Na análise estatística das variáveis respostas foi observado que em algumas condições o desvio padrão dos dados foi muito grande. Como o número de variáveis metalúrgicas que têm influência nos resultados da recuperação do cromo é muito grande e, algumas vezes é difícil identificar qual a variável causadora de um resultado insatisfatório, foram desenvolvidas por meio de regressão múltipla, equações para avaliar o efeito das variáveis sobre a recuperação do cromo oxidado, a eficiência de remoção do enxofre e do nitrogênio no aço.

As Tabelas 5, 6 e 7 mostram as equações propostas pelo modelo e a análise de variância aplicada no modelo de regressão.

Tabela 5. Análise de regressão e variância aplicadas no cálculo do Cr₂O₃ na escória

Equação da Regressão					
$Cr_2O_3 = 7,58 - 0,393 \cdot Cr \text{ Antes} - 1,37 \cdot Si \text{ Após} - 0,00812 \cdot Vz \text{ media}$					
	Coefficiente	Erro padrão dos Coef.	T-valor	P-valor	
Constante	7,58	0,6665	11,38	0,000	
Cr Antes	-0,393	0,0423	-9,27	0,000	
Si Após	-1,37	0,1750	-7,85	0,000	
Vz media	-0,00812	0,00257	-3,15	0,003	
S	0,184				
R ²	70,45%				
R ² adj	68,86%				
Análise de variância					
	Graus de Liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado Médio	F-valor	P-valor
Regressão	3	4,52	1,51	37,74	0,000
Erro residual	56	1,72	0,03		
Total	59	6,44			
	Graus de Liberdade	Soma dos quadrados			
Cr Antes	1	2,38			
Si Após	1	1,81			
Vz media	1	0,33			

Tabela 6. Análise de regressão e variância aplicadas no cálculo do IRS

Equação da Regressão					
IRS = 241 + 23,8*IB - 7,36*Cr2O3 - 0,112*Temp Após					
	Coefficiente	Erro padrão dos Coef.	T-valor	P-valor	
Constante	241,12	48,3100	4,99	0,000	
IB	23,816	3,475	6,85	0,000	
Cr2O3	-7,355	1,4990	-4,91	0,000	
Temp Após	0,112	0,02793	-4,01	0,000	
S	3,463				
R ²	71,20%				
R ² adj	69,60%				
Análise de variância					
	Graus de Liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado Médio	F-valor	P-valor
Regressão	3	1659,02	553,01	46,1	0,000
Erro residual	56	671,83	12,00		
Total	59	2330,85			
	Graus de Liberdade	Soma dos quadrados			
IB	1	1221,17			
Cr2O3	1	244,75			
Temp Após	1	193,10			

Tabela 7. Análise de regressão e variância aplicadas no cálculo do IRN

Equação da Regressão					
IRN = -126 + 0,0340*Tempo Red + 0,189*Vz med + 0,109*Temp Antes - 0,308*Quant. Aço vaz. - 1,81*Cr2O3					
	Coefficiente	Erro padrão dos Coef.	T-valor	P-valor	
Constante	-125,58	45,26	-2,77	0,008	
Tempo Red	0,034	0,0059	5,72	0,000	
Vz média	0,189	0,0339	5,58	0,010	
Temp Após	0,109	0,0266	4,11	0,020	
Quant. Aço vaz	-0,308	0,0983	-3,14	0,003	
Cr2O3	-1,813	1,022	-1,77	0,082	
S	2,27				
R ²	69,00%				
R ² adj	66,10%				
Análise de variância					
	GL	Soma dos quadrados	Quadrado Médio	F-valor	P-valor
Regressão	5	737,10	147,42	24,05	0,000
Erro residual	54	330,97	6,13		
Total	59	1068,07			
	GL	Soma dos quadrados			
Tempo Red	1	317,82			
Vz média	1	201,81			
Temp Após	1	120,39			
Quant. Aço vaz	1	77,79			
Cr2O3	1	19,29			

Observa-se nas Tabelas 5, 6 e 7 que os coeficientes de correlação (R^2) são superiores a 69% e o valor-p nas análises de variância é zero, significando que os coeficientes da equação de regressão são realmente significativos. Observa-se também que a variável vazão foi considerada significativa nas equações do teor de Cr_2O_3 da escória e do índice de remoção do nitrogênio.

Na equação do índice de remoção do enxofre proposta pelo modelo (Tabela 4), a variável vazão não foi considerada estatisticamente significativa, porém como a vazão favorece a redução do Cr_2O_3 na escória que por sua vez aumenta o índice de remoção do enxofre no aço, pode-se dizer que a vazão, indiretamente, favorece a remoção do enxofre no aço, o que confirma a fundamentação teórica apresentada no item 3.2.

Com o objetivo de avaliar a influência da vazão e do tempo no modelo de regressão múltipla, foi desenvolvida uma análise de sensibilidade para estas variáveis, ou seja, foi determinado o valor médio para as outras variáveis explicativas do modelo alterando apenas as variáveis de interesse.



Na Figura 3 é apresentado o resultado da análise de sensibilidade para a vazão em relação ao teor de Cr_2O_3 da escória, comprovando que o modelo está de acordo com a fundamentação teórica, ou seja, o aumento da vazão de argônio na fase de redução, até valores de $77 \text{ Nm}^3/\text{min}$, propicia uma melhor recuperação do cromo, que é o grande objetivo do processo no AOD-L.

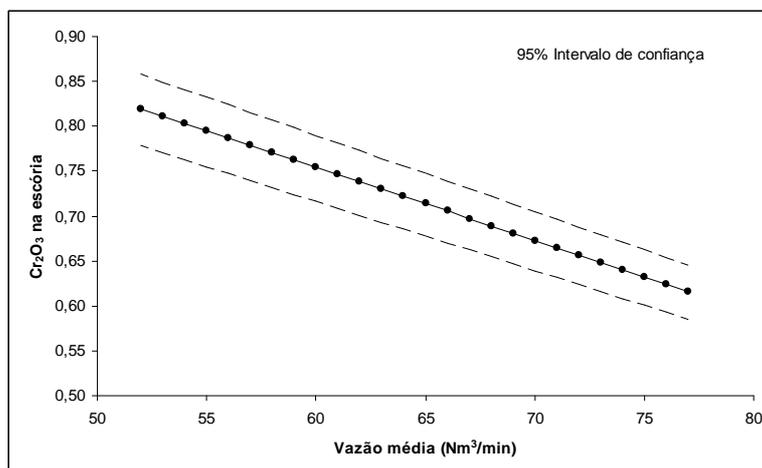


Figura 3. Variação da vazão de argônio no teor de Cr_2O_3 da escória.

Na Figura 4 são apresentados os resultados da análise de sensibilidade para o tempo e a vazão de argônio injetado na fase de redução em relação ao índice de remoção do nitrogênio.

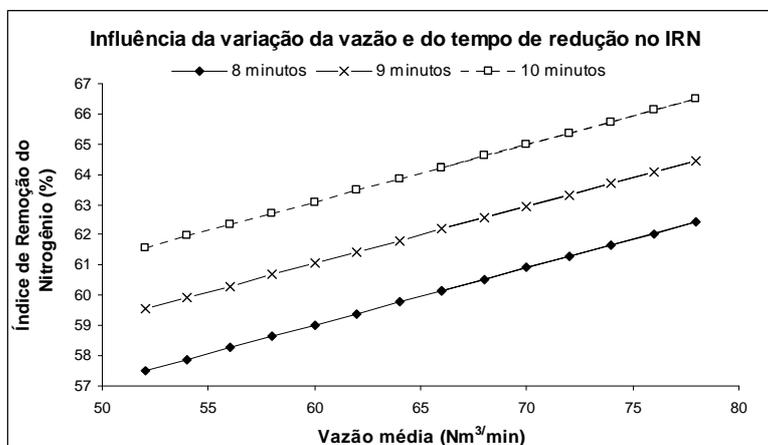


Figura 4. Influência da variação do tempo e da vazão de argônio injetado no IRN.

Observando a Figura 4 pode-se dizer que utilizando a vazão de $77 \text{ Nm}^3/\text{min}$ e com um volume de 620 Nm^3 (8 minutos), a eficiência de redução do nitrogênio é de 62,42%, sendo maior que a eficiência de remoção do processo atual ($52 \text{ Nm}^3/\text{min}$ e 10 minutos) que é de 61,58%.

Como parte da injeção de argônio é feita na fase de descarburização, é possível reduzir o volume de argônio injetado na fase final de descaburação e aumentar o volume na fase de redução de 550 Nm^3 para 620 Nm^3 , sem provocar aumento no consumo específico de argônio.



A partir das análises apresentadas, recomenda-se alterar a vazão de argônio para 77 Nm³/min e o volume para 620Nm³, reduzindo o tempo de processamento em 2,5 minutos e elevando a produtividade do AOD em cerca de 2 toneladas por hora.

4.2 Análise de Qualidade das Placas

Nos testes industriais foram realizadas 62 corridas e para verificar se as alterações de vazão e volume testadas afetam a qualidade das placas produzidas, foi realizada uma análise de qualidade das placas laminadas utilizando um software interno da ArcelorMittal Inox Brasil (SAI). Nesta análise foi avaliado o índice de ocorrência de inclusões de óxidos (esfoliação) nas bobinas produzidas na laminação a frio além do índice de desvio das mesmas. O índice de ocorrência é definido quando é observado o defeito na bobina, mas o mesmo não impacta na aplicação do cliente e, o índice de desvio é quando este defeito impacta a aplicação final do cliente.

Na Figura 5 pode-se observar que as corridas produzidas neste trabalho tiveram índices de ocorrência e desvio de 24,05% e 1,54%, respectivamente. Observa-se também que os índices de ocorrência e desvio foram similares ao resultado do processo padrão, indicando que o efeito da alteração do volume e da vazão não impacta negativamente na qualidade final das bobinas laminadas.

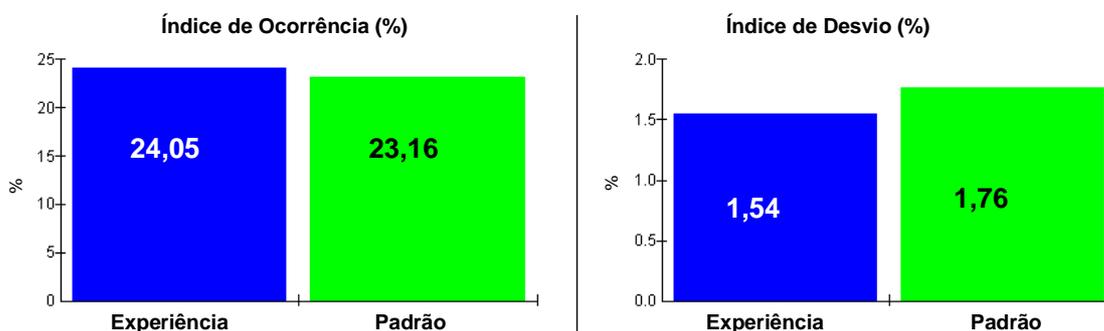


Figura 5. Resultado de qualidade das bobinas laminadas a frio.

5 CONCLUSÕES

O trabalho permitiu avaliar o efeito das alterações da vazão e do volume de gases injetados na fase de redução e identificar os valores de vazão e volume mais adequado ao processo, aumentando a produtividade do aço ACEP304A na Aciaria em cerca de 2 toneladas por hora.

Foi possível também obter benefícios em relação a qualidade das placas produzidas na aciaria devido, principalmente, ao menor nível de oxigênio presente na escória (Cr₂O₃) e ao menor nível de impurezas presentes no aço, tais como enxofre.

Portanto, com este projeto é possível aumentar a oferta de placas na Aciaria, garantindo a qualidade e o custo competitivo.



REFERÊNCIAS

- 1 ITOH, T; NAGASAKA, T; HINO, M. Phase Equilibria between SiO₂ and Iron-Cromite Spinel Structure Solid Solution, and Deoxidation of Liquid Fe-Cr Alloy with Silicon. *Ironmaking and Steelmaking* , v.42, n.1, p.33-37, 2002.
- 2 GUTHRIE, R.I.L.; ISAC, M.; LIN, Z.H. Fluid dynamics simulation of chromium recovery from AOD slags during reduction with ferrosilicon additions, *Ironmaking and Steelmaking*, v.32, n.2, p.133-140, 2005.
- 3 FABRITIUS, T.; KUPARI, P.; HARKKI, J. Physical modelling of a sidewall-blowing converter, *Scandinavian journal of metallurgy* , n.30, p57-64, 2001.
- 4 LIU, X.; ASTROM, P.; APPELL, A. Nitrogen Behavior in an AOD Converter. *ISSTech Conference Proceedings*, p. 1123-1134, 2003
- 5 FILHO, D. S. F. Avaliação do Efeito do Volume e da Vazão de Gás na Recuperação de Metais Oxidados no Processo de Produção do Aço Inoxidável em Conversores AOD ; Belo Horizonte: UFMG, 2009, 112pg. (M.Sc.,Metalurgia Extrativa).