

EVOLUÇÃO DO DESEMPENHO DA LANÇA DE SOPRO ATRAVÉS DA TECNOLOGIA SLAGLESS[®] *

Breno T. Maia¹
Daniel A. G. de Carvalho²
Fabrício Silveira Garajau³
Marcelo de Souza Lima Guerra⁴
Paulo Roberto das Neves⁵
Roberto Formage⁶
Willian Reis Lima⁷

Abstract

A Ternium Brasil tem 02 convertedores BOF com capacidade de 338t de aço líquido com uma boa geometria e volume específico, porém apresenta problemas típicos de uma aciaria aos quais projeções e cascões de lança. Nesse trabalho são apresentados objetivos para redução dessas efeitos. Através de mudanças na prática operacional e introdução e uso da tecnologia Slagless[®] a vida de lança aumentou em 3 vezes promovendo segurança operacional devido a redução de cascões de lança assim como a redução no número de troca de lanças.

Keywords: BOF, primary refine, skull lance, cartridge, operational lance parameters.

- ¹ Sócio da ABM; Engenheiro Metalurgista e Doutor Pesquisador da LUMAR METALS, Belo Horizonte, MG, Brasil.
- ² Sócio da ABM, Engenheiro Metalurgista da TERNIUM BRASIL, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- ³ Engenheiro Msc. Mecânico Pesquisador da Lumar Metals. Santana do Paraíso, Brasil.
- ⁴ Engenheiro Msc. Mecânico Pesquisador da Lumar Metals Santana do Paraíso, Brasil.
- ⁵ Técnico Metalurgista da TERNIUM BRASIL, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- ⁶ Técnico Metalurgista da TERNIUM BRASIL, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- ⁷ Sócio da ABM, Engenheiro Mecânico e Analista da Lumar Metals, Universidade Católica do Leste de Minas Gerais (Unileste). Coronel Fabriciano, Minas Gerais, Brasil.

1 INTRODUCTION

A aciaria da Ternium Brasil possui dois convertedores com capacidade nominal para 330t. No entanto, a carga média de aço vazado é 338t de aço líquido. Os convertedores tem geometria dentro de parâmetros considerados ótimos dentro da concepção dos reatores BOF. Dentre esses parâmetros observa-se o volume específico de 1,01 m³/t. O volume específico é a razão entre o volume útil do convertedor por sua capacidade de vazamento. Valores considerados acima de 0,90 são considerados bons, sendo 1 o valor ideal. Valores inferiores, em geral, são associados a aumento de carga, mas também associado ao aumento de episódios de projeções de materiais para fora do convertedor. Outro parâmetro é a esbelteza, que correlaciona a altura com o diâmetro do convertedor. Convertedores muito esbeltos tendem a sofrer com fechamento do cone superior com cascões e convertedores com baixa esbelteza a terem um baixo nível de banho estático e com isso zonas mortas na junta da sola com cilindro refratário^[1,2]. O convertedor da Ternium Brasil apresenta esbelteza de 1,41, apresentando um valor típico com boas características operacionais. A figura 1 mostra uma fotos dos convertedores da Ternium Brasil.



Figure 01: Carregamento de gusa no convertedor 2 da Ternium Brasil (330 ton).

Apesar dos bons parâmetros geométricos, esse BOF apresentou e apresenta problemas durante o sopro, principalmente a formação de cascões na lança de oxigênio. Esses cascões tem origem principalmente na necessidade da adição contínua de refrigerantes durante o sopro para ajuste do balanço térmico. O objetivo deste trabalho é apresentar o conjunto de ações e seus resultados implementados para mitigar esse problema assim como alavancar os resultados operacionais da Ternium Brasil.

2 MATERIALS AND METHODS

O trabalho teve inicio com testes iniciais em 2013, interrompidos em 2014 e retomados em 2015 como a opção a investimento realizado para remoção mecânica de cascões. A figura 02 apresenta a tecnologia Slagless^{®[3]} da Ternium Brasil.

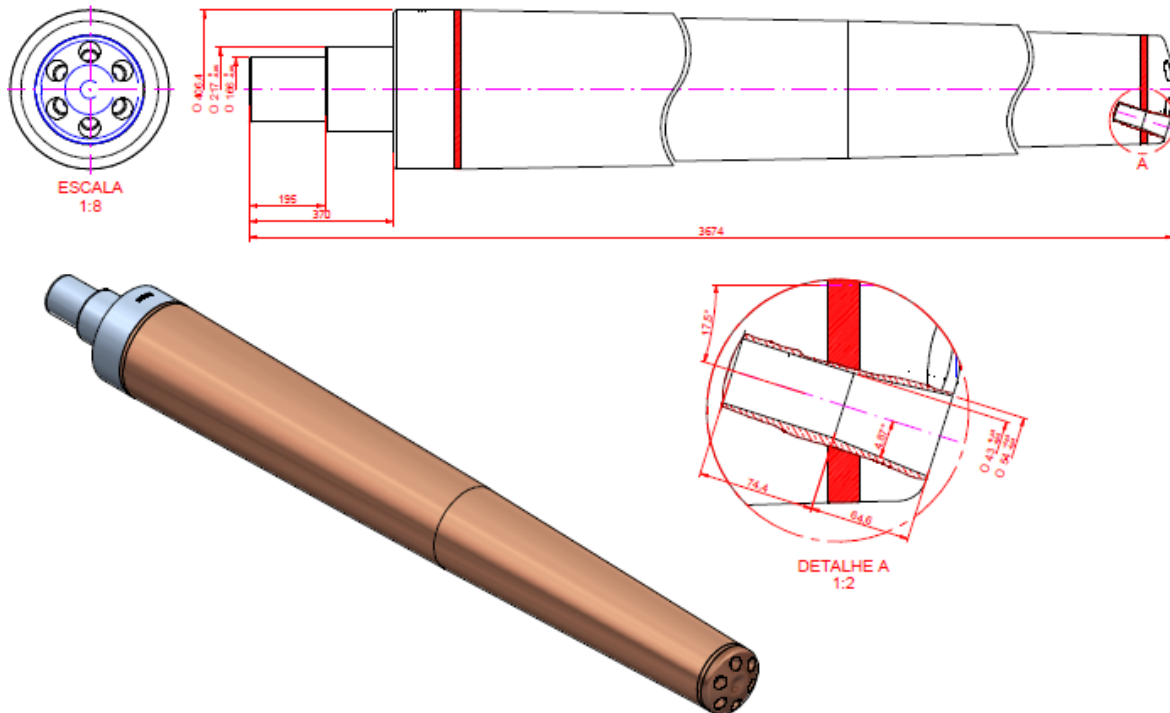


Figure 02: Tecnologia Slagless

Na figura 02 é apresentado a tecnologia Slagless[®] e a introdução do conceito de “cartucho”. O cartucho consiste em uma extensão de 3 metros de cobre em geometria especial. A capacidade do cobre em extrair calor associado com estudos de escoamento e transferência de calor através computação fluido dinâmica utilizando o software comercial "Ansys CFX" conferem a tecnologia Slagless[®] a capacidade de rápida extração de calor, dificultando a solidificação dos cascões ao redor da lança^[5-8].

O trabalho foi norteado por metas internas do convertedor com os seguintes objetivos:

- a) Aumentar a disponibilidade de lanças;
- b) Reduzir a geração de cascões de lança;
- c) Aumentar a vida das lanças;
- d) Aumentar a estabilidade operacional do sopro. Esse item foi norteado pelos indicadores:
 - a. Reduzir projeções durante o sopro;
 - b. Reduzir o %FeO da escória;
 - c. Aumentar o uso de pelotas como refrigerante durante o sopro

O trabalho foi conduzido em duas frentes de trabalho. Uma acadêmica com controle rigoroso de limitado número de parâmetros e outra de forma prática com base nos conhecimento adquirido dos integrantes da equipe em outras plantas, estudos e experiências prévias dos integrantes. Esse artigo irá apresentar os resultados das ações de cunho prático e em especial atenção à lança de sopro de oxigênio.

3 RESULTS AND DISCUSSION

Os primeiros testes ocorreram em 2013 com 04 cartuchos. A figura 03 mostra o resultado desse primeiro teste.

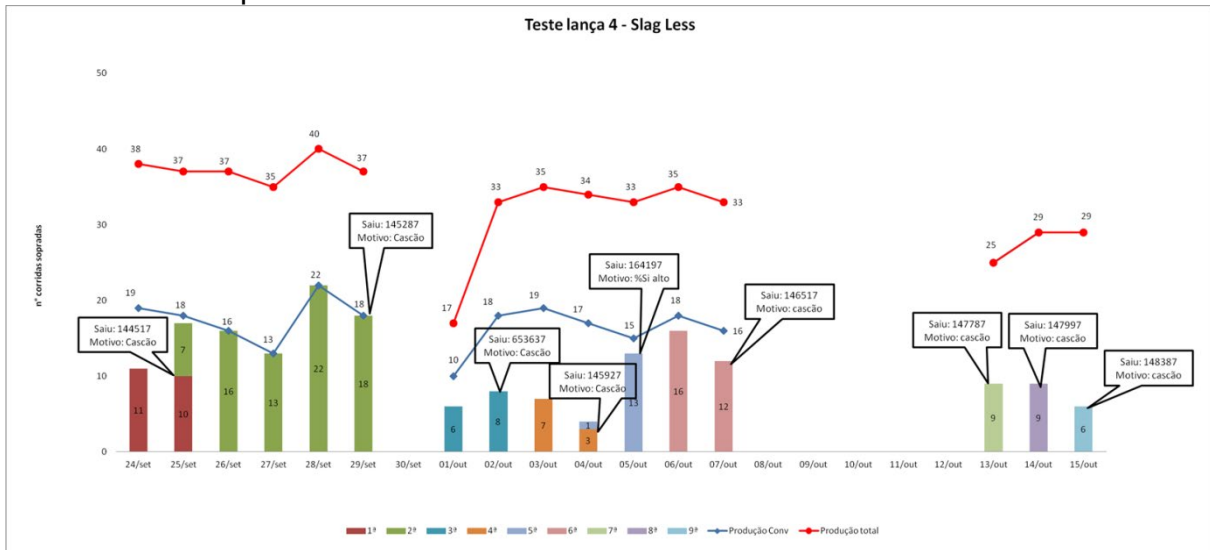


Figure 03: Desempenho do primeiro teste com tecnologia Slagless.

Na figura 03 é possível notar o potencial de ganho com a tecnologia, pois a média de remoção de lanças para retirada de cascão era entre 2 a 4 corridas. Com a tecnologia Slagless o intervalo entre ocorrências de cascão foi para 01 a cada 34 corridas. No entanto outros aspectos passaram ser observados, um deles foi a condição dos bocais principais conforme apresentado na figura 04.



Figure 03: Face do cartucho após uso.

Na figura 04 é possível notar o comportamento de desgaste em todos os bocais, típico de reduções regulares de vazão de sopro. Também é possível notar desgaste na face do bico decorrente de falha de refrigeração ou elevado aporte térmico, assim como desgaste entre bocais, característico de rebotes de jato de oxigênio. Os demais desgastes são provenientes das sucessivas limpezas de cascão. No entanto, em 2014, foi identificada uma variação na pressão de rede conforme apresentado na figura 05.

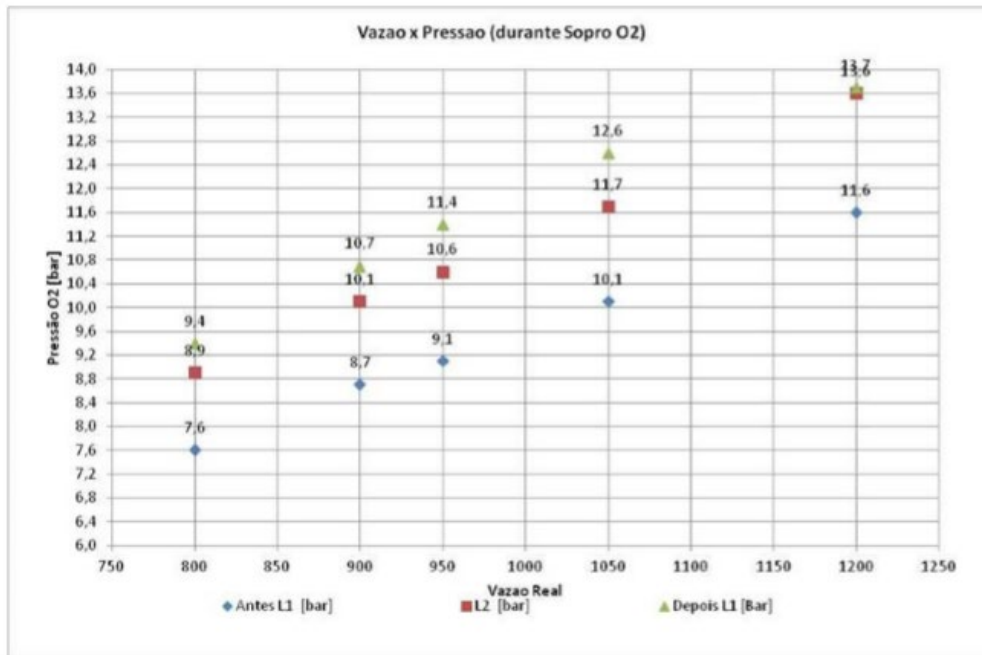


Figure 05: Comparativo de pressão de redes por convertedor, antes e após reparo na linha 1.

Outro complicador peculiar dessa planta foi a necessidade de refrigerantes. Com a indisponibilidade de sucata suficiente para o controle do balanço térmico até 2017, a Ternium BR desde sua posta em marcha, utilizou como refrigerante as pelotas. As adições desse refrigerante variam de 6 a 10% do total de aço vazado. Devido a capacidade de estocagem e adição, esse refrigerante é adicionado de forma contínua ao longo do sopros^[9]. Desde o segundo semestre de 2017, maiores volumes de sucata foram disponibilizados, assim reduzindo a necessidade de refrigerantes durante o sopros.

A dissociação desse material e a geometria dos dutos de adição é um fator agravante para formação de longos cascões de lança conforme apresentado na figura 06.



a)



b)

Figure 06: Cascão de lança na Slagless Ternium.

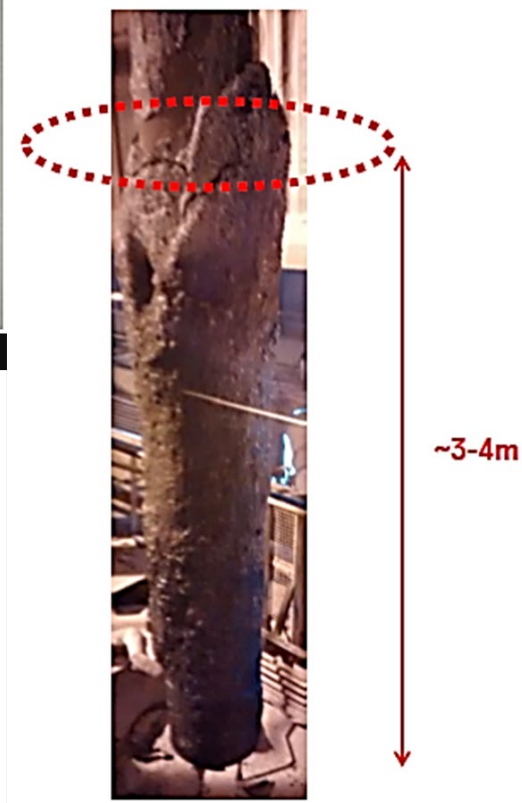
Na figura 06 é possível verificar um cascão típico devido à elevada adição de refrigerantes via silos aéreos. Também nota-se na extremidade inferior que parte em cobre do cartucho não há adesão de material. Assim ao contrário da formação tradicional de cascão de lança, no sentido de baixo para cima, nessa planta a formação de cascão tem predominância de cima para baixo.

Nessa situação a formação foi exacerbada pela contribuição dos vazamentos no coifa móvel, situação peculiar e extremamente perigosa, pois conforme evidenciado na figura 05 b), ocorria um acúmulo de água entre o corpo da lança e o cascão formado. Com o retorno dessa lança a operação e o aprisionamento de um volume de água remanescente, aumenta a possibilidade de uma explosão decorrente da expansão volumétrica da água do estado líquido a vapor.

O excesso de geração de cascões também gerava problema de segurança em decorrência da má organização do pátio de lança pelo volume de material gerado decorrente da limpeza e aumento de atividades para limpeza e manutenção do espaço, e em casos extremos, comprometendo o ritmo de produção devido a incidentes no domo da lança, conforme apresenta a figura 07.



a) Acúmulos de cascão em vários pontos.



b) Ocorrência extrema de travamento de cascão no domo da lança.

Figure 07: Acúmulos de cascão em vários pontos e ocorrência extrema de deslocamento do domo da lança.

Esses fatores contribuíam de forma negativa para estabilidade de sopro e conseqüentemente para estabilidade dimensional dos bocais e vida de lança. A figura 08 mostra o perfil de sopro em 2013.

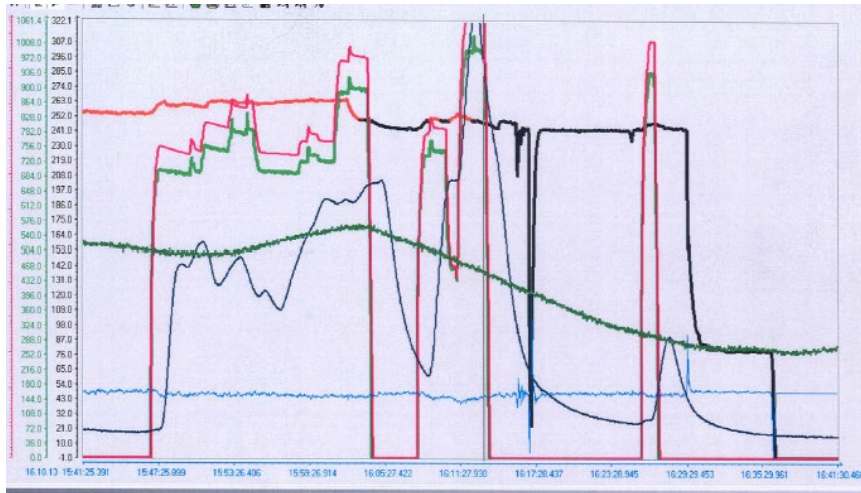


Figure 08: Perfil de sopro em 2013.

Na figura 08 é possível notar vários níveis de vazão de sopro com vazões entre 600 a 1000Nm³/min.

Com a tecnologia Slagless, foram realizadas ajustes dimensionais nos bocais em 2015 e 2016, com objetivo principal de preservá-lo mediante as ocasiões de baixa vazão, em particular, durante os períodos de medições de com sub-lança e as eventuais redução de vazão para conter projeções. A figura 09 mostra o aspecto da face do cartucho com a evolução no número de corridas.



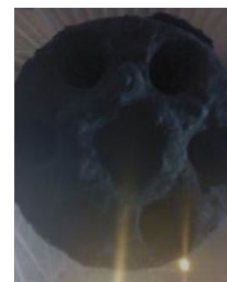
2014

142 corridas 127 sem cascão



2015

205 corridas 51 sem cascão



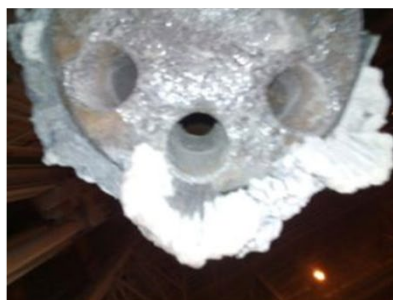
2016

390 corridas 138 sem cascão



2017

445 corridas 193 sem cascão



2017

500 corridas 248 sem cascão



2018

802 corridas - sem cascão

Figure 09: Redimensionamento dos bocais e aspecto da face do cartucho com a evolução no número de corridas.

Na figura 09 comparando aspecto do bocal de 2018 com os demais é possível notar que as alterações foram pertinentes, pois houve um aumento da vida média dos

cartuchos Slagless consorciada a uma baixa taxa de desgaste. A última alteração de dimensional foi realizada em 2016, mas com impacto efetivo nos cartuchos que operaram em 2017. A figura 10 mostra a evolução da vida dos cartuchos Slagless[®] em comparação com lanças convencionais ao longo dos anos.

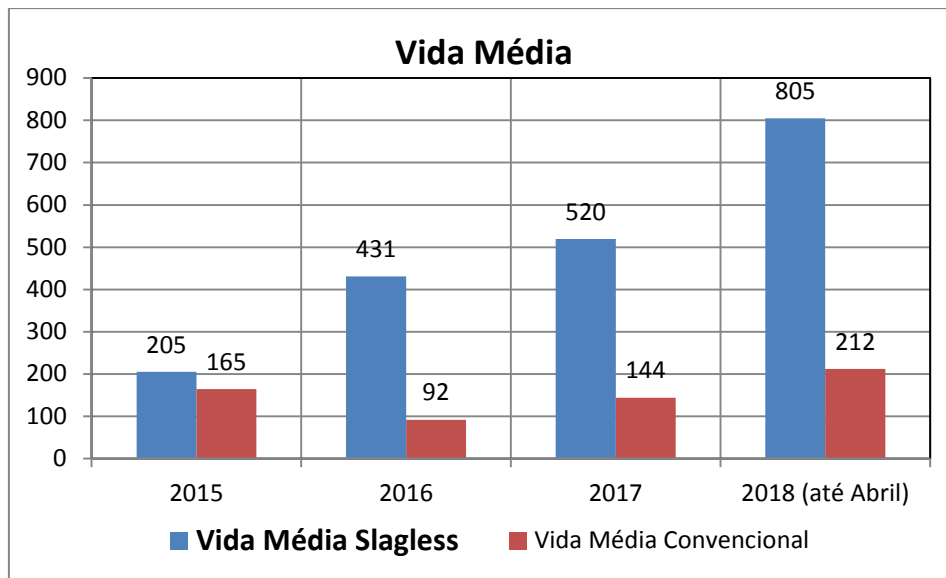


Figura 10 – Comparativo de vida média entre lanças convencionais e Slagless[®].

A figura 10 mostra que desde o início do uso regular dos cartuchos Slagless[®] a vida média das lanças mais que dobrou de desempenho.

Assim além do redimensionamento dos bocais, a estabilidade operacional advinda através de ajustes dos perfis de sopro foram os responsáveis pela estabilidade de vazão^[10,11] ao longo do sopro conforme exemplificado pela figura 11.



Figure 11: Parâmetros programados e realizados do perfil de sopro: vazão de oxigênio e altura de lança.

A figura 11 mostra que os ajustes no perfil de sopro, bem como perfil de adição de fundentes (aqui não representado) permitiram estabilidade operacional com redução das ocorrências de períodos em baixa vazão de oxigênio e assim contribuindo para estabilidade dimensional dos bocais ao longo da campanha dos cartuchos Slagless[®].

Esses resultados são demonstrados na tabela I e figura 12 que apresenta a frequência de retirada de lança para limpeza de cascão.

Tabela I – Comparativo de troca entre lanças convencionais e Slagless®.

Anos	Troca de lanças	
	Convencional	Slagless
2016	111	3
2017	51	7
2018 (até maio)	15	2

A tabela I mostra que o aumento do uso de lanças Slagless entre 2016 e 2017, permitiu uma redução de 50% na necessidade troca de lanças convencionais, isso devido a adequações de lanças para uso da tecnologia. Já entre 2017 e 2018, projeta-se nova redução tanto em lanças convencionais quanto em lanças Slagless.

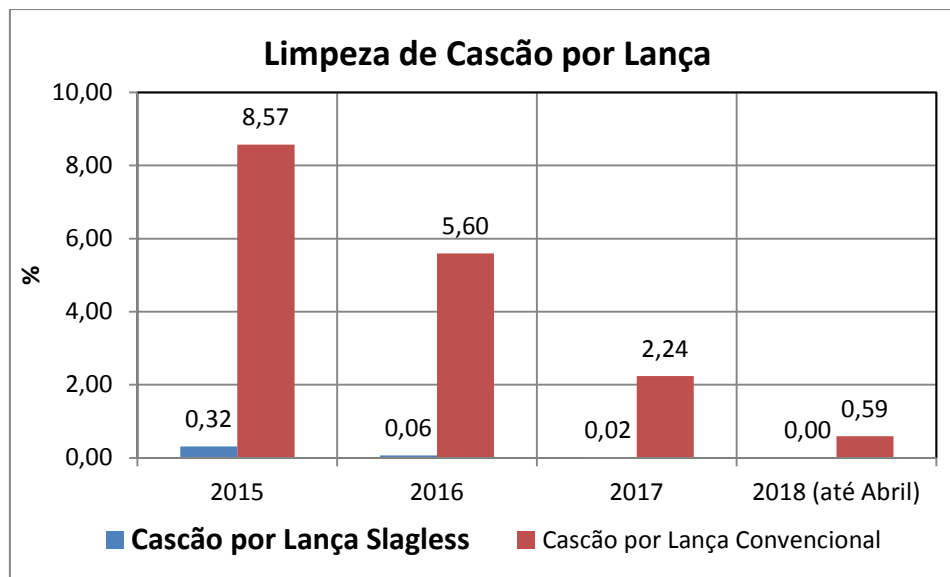


Figure 12: Retirada de lança para limpeza de cascão.

A figura 12 mostra que a cada 100 corridas, uma lança convencional saiu em média 8,57 vezes para limpeza de cascão. Ao passo que com o uso da tecnologia Slagless esse valor foi inferior a 1 vez em média.

Em fevereiro de 2016, iniciou-se a utilização da limpeza mecânica de cascões, através do dispositivo denominado raspador de cascão. O dispositivo trabalha de forma consorciada com a tecnologia, sendo efetivo da remoção de cascão formados no sentido de cima para baixo da lança, entre 4 e 6 metros, complementando a efetividade da tecnologia Slagless na remoção de cascões formados no sentido de baixo para cima na lança, entre a face do cartucho até 3,5 metros.

A combinação desses recursos com os citados ajustes de processo promoveu a redução no número de limpeza de lanças convencionais e praticamente eliminou a necessidade de limpeza cascões de lança em cartuchos Slagless. Comparando o comportamento em 2017, o uso da tecnologia Slagless reduziu a necessidade de limpeza de cascão em 90%, isso assumindo a influência do raspador sobre a limpeza das lanças convencionais mesmos nesses casos.

A consequência desse ambiente de estabilidade teve reflexos positivos para segurança na área de manutenção de lanças conforme apresentado na figura 13.



Figure 13: Aspecto da area da limpeza de lança após uso da tecnologia Slagless[®].

A figura 13 mostra uma área limpa com aumento da mobilidade entre lanças em reparo, menor deslocamento de efetivo para limpeza de cascões e remoção desses, propiciando um ambiente seguro e reduzindo a possibilidade de incidentes e acidentes.

4 CONCLUSION

As conclusões sobre os propósitos iniciais foram

- Aumento de 50% na disponibilidade de lanças;
- Redução na geração de cascões de lança em 90%;
- Aumento na vida das lanças Slagless[®] na média geral de 430%;
- Aumento da estabilidade operacional do sopro.

ACKNOWLEDGMENTS

Os autores agradecem ao Gerente Geral da Aciaria da Ternium Brasil, Leonardo Demuner, pelo continuo incentivo à pesquisa e desenvolvimento.

REFERENCES

- 1 NASCIMENTO, Romário da Rocha; LIMA, Willian dos Reis. Configurações dos convertedores a oxigênio e parâmetros de operação. 2016.107 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) - Centro Universitário do Leste de Minas Gerais (Unileste MG), Coronel Fabriciano, 2016.
- 2 MAIA, Breno Totti; MARTINS, Antônio Augusto. Lança de Oxigênio. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE METALURGIA, MATERIAIS E MINERAÇÃO. Aciaria a oxigênio. Rio de Janeiro: ABM, 2014.
- 3 GUERRA, M. S. L., GARAJAU, F. S., MAIA, B. T., Blow Spear for Fabrication of Metals and Maintenance of Loading and Blowing Operational Conditions US. Pat. 9,732,393 B2. Aug. 15, 2017. 11p.
- 4 GARAJAU, F. S., CETLIN, P. R., GUERRA, M. S. L., MAIA, B. T., MOREIRA, D. A Case Study: Wear in Supersonic Nozzle of Tip Lance in Vallourec Brasil Steelmaking, AISTech. p.1365-1375 2017 Proceedings. © 2017 by AIST.
- 5 ALMEIDA, E. N., ASSUNÇÃO, W., OLIVEIRA, M. F., MAIA, B. T., GARAJAU, F. S., GUERRA, M. S. L., ANDRADE, W., SILVA, W. M. New BOF Performance at Gerdau Ouro Branco by Slagless® Technology. p.1273-1288 AISTech 2017 Proceedings. © 2017 by AIST
- 6 SATO, C.; OLIVEIRA, D. C.; TORRES, J. G.; MAIA, B. T.; GARAJAU, F. S.; GUERRA, M. S. L.; ANDRADE, W. M.; LIMA, W. R. PERFORMANCE IMPROVEMENTS IN BOF AT ARCELORMITTAL MONLEVADE BY TECHNOLOGY SLAGLESS® LANCE In: 48° Seminário de Aciaria, Fundição e Metalurgia de Não-Ferrosos, 2017, São Paulo. Anais do Seminário de Aciaria, Fundição e Metalurgia de Não-Ferrosos. São Paulo: : Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração, 2017. v.48. p.29 - 39
- 7 MAIA, B. T, RIBEIRO, A. R., SOUZA, C. A., SANTOS, B. O. A., GARAJAU, F. S., GUERRA, M. S. L. Continous Developments at the Steelplant 1 Usiminas Ipatinga through Slagless Technology. AISTECH Proceedings 2015.
- 8 MAIA, B. T, SANTOS, B. O. A., GARAJAU, F. S., GUERRA, M. S. L., BARCELOS, H. S., TEIXEIRA, O. A. C. AOD Mouth Cleaning Results in APERAM South America Usina Slagless Clean Up. AISTECH Proceedings 2015.
- 9 CARVALHO, D. A. G.; CASTRO, H.; DEMUNER, L.; VIANA, M.; WOJNAR, P.; FORMAGE, R.; SCHULZ, T.; MAIA, B. T. BOF BLOWING PROCESS CHALLENGES FOR HIGH RATE OF IRON ORE PELLET ADDITION - PROCESS DEVELOPMENT AND RESULTS AT TKCSA In: 3rd ESTAD 2017, 2017, Viena. European Steel Technology and Applications Days 2017. Leoben: ASMET, 2017. v.1. p.1129 - 1138
- 10 MAIA, B. T.; DINIZ, C. N. A.; CARVALHO, D. A. G.; SOUZA, D. L.; GUIMARAES, J. A. A.; SALGADO, R. S.; TAVARES, R. P. CONFIGURAÇÕES DE VENTANEIRAS TBM E VAZÃO – COMPARAÇÃO ENTRE BOF THYSSENKRUPP CSA E MODELO A FRIO In: 48° Seminário de Aciaria, Fundição e Metalurgia de Não-Ferrosos, 2017, São Paulo. Anais do Seminário de Aciaria, Fundição e Metalurgia de Não-Ferrosos. São Paulo: : Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração, 2017. v.48. p.163 - 174
- 11 CARVALHO, D. A. G.; MAIA, B. T.; GARAJAU, F. S.; GUERRA, M. S. L.; TAVARES, R. P.; BALAJEE, S. BOF PRESSURE EFFECTS OVER JET PENETRATION AT CSA THYSSENKRUPP In: 3rd ESTAD 2017, 2017, Viena. European Steel Technology and Applications Days 2017. Leoben: ASMET, 2017. v.1. p.958 - 966