



## REDUÇÃO DO ÍNDICE DE PERFURAÇÕES NA MÁQUINA DE LINGOTAMENTO CONTÍNUO DA ARCELORMITTAL PIRACICABA<sup>1</sup>

*André Maciel Pereira<sup>2</sup>*

*Daniel dos Santos Gonçalves<sup>3</sup>*

*Marciel Belligol<sup>4</sup>*

*Marco Túlio Soares Ferreira Coelho<sup>5</sup>*

*Mário César Radich<sup>4</sup>*

### Resumo

Na busca da melhoria contínua em prol do aumento da produtividade e da segurança operacional é importante garantir os parâmetros técnicos adequados para os processos. A ArcelorMittal Piracicaba, em busca da otimização dos seus processos, desenvolveu um estudo para redução do índice de perfurações na Máquina de Lingotamento Contínuo. As perfurações ocorrem quando a pele sólida formada rompe-se durante o resfriamento ainda incompleto dos tarugos e, como conseqüências ocorrem danos materiais, perda de produtividade e risco eminente para os operadores. Após a identificação das características das perfurações ocorridas, ações foram tomadas com objetivo de combater o problema. Baseando-se no estudo da solidificação do aço no interior dos moldes e, seguindo a metodologia PDCA, as ações implementadas foram eficazes e produziram bons resultados. Além da redução de, mais de 90% do número de perfurações, ganhos extras foram contabilizados.

**Palavras-chave:** Perfuração; Lingotamento contínuo; Solidificação; Produtividade.

### REDUCTION OF THE BREAKOUTS INDEX AT THE CONTINUOUS CASTING MACHINE OF THE ARCELORMITTAL PIRACICABA

#### Abstract

In search of continuous improvement towards of the productivity increase and operational security is important to assure the adequate parameters technicians to the processes. The ArcelorMittal Piracicaba, in search of the optimization its processes developed a study for reduction of the breakouts index at the Continuous Casting Machine. The breakouts happen when the solid shell formed break during the still incomplete cooling of the billets and as consequences occurs material injuries, loss of productivity and eminent risks for the operators. After identifying the characteristics of the breakouts occurred, actions had been taken in order to combat the problem. Based in the study of the steel solidification inside the mold and following the PDCA methodology, the implemented actions were efficient and produced good results. Besides the reduction of over than 90% of the breakouts, extra profits were accounted for.

**Key words:** Breakouts; Continuous casting; Solidification; Productivity.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 43º Seminário de Aciaria – Internacional, 20 a 23 de maio de 2012, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

<sup>2</sup> *Engenheiro Eletricista. Gerente de Produção. ArcelorMittal Piracicaba.*

<sup>3</sup> *Engenheiro Metalurgista. Engenheiro de Processos de Aciaria. ArcelorMittal Piracicaba.*

<sup>4</sup> *Técnico em Eletrotécnica. Analista de Aciaria. ArcelorMittal Piracicaba.*

<sup>5</sup> *Engenheiro de Processos. Gerente de Área de Produção de Aços. ArcelorMittal Piracicaba.*



## 1 INTRODUÇÃO

O enorme desenvolvimento tecnológico que vem ocorrendo no processo de lingotamento contínuo tem levado à substituição quase que integral do processo de lingotamento convencional. No lingotamento contínuo, o principal problema encontrado é a perfuração de veio, que leva a perdas de produtividade, danos materiais, riscos operacionais etc.

Na ArcelorMittal Piracicaba, o alto número de perfurações de veio se apresentava, muitas vezes, como entrave à produção, ocasionando paradas do forno elétrico e conseqüentemente da Aciaria. O combate ao problema se tornou uma tarefa necessária para garantia de uma maior segurança operacional e maior produtividade.

Com uma equipe capacitada na solução de problemas e otimização de processos, a Aciaria da ArcelorMittal Piracicaba desenvolveu, no ano de 2011, um estudo seguindo as diretrizes do PDCA para combater o problema.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Observação em Campo e Utilização do Software Minitab.

Através de um acompanhamento em área por seis meses (dez./10 a abr./11) foram colhidos dados tipificando e caracterizando as perfurações ocorridas (Figura 1).

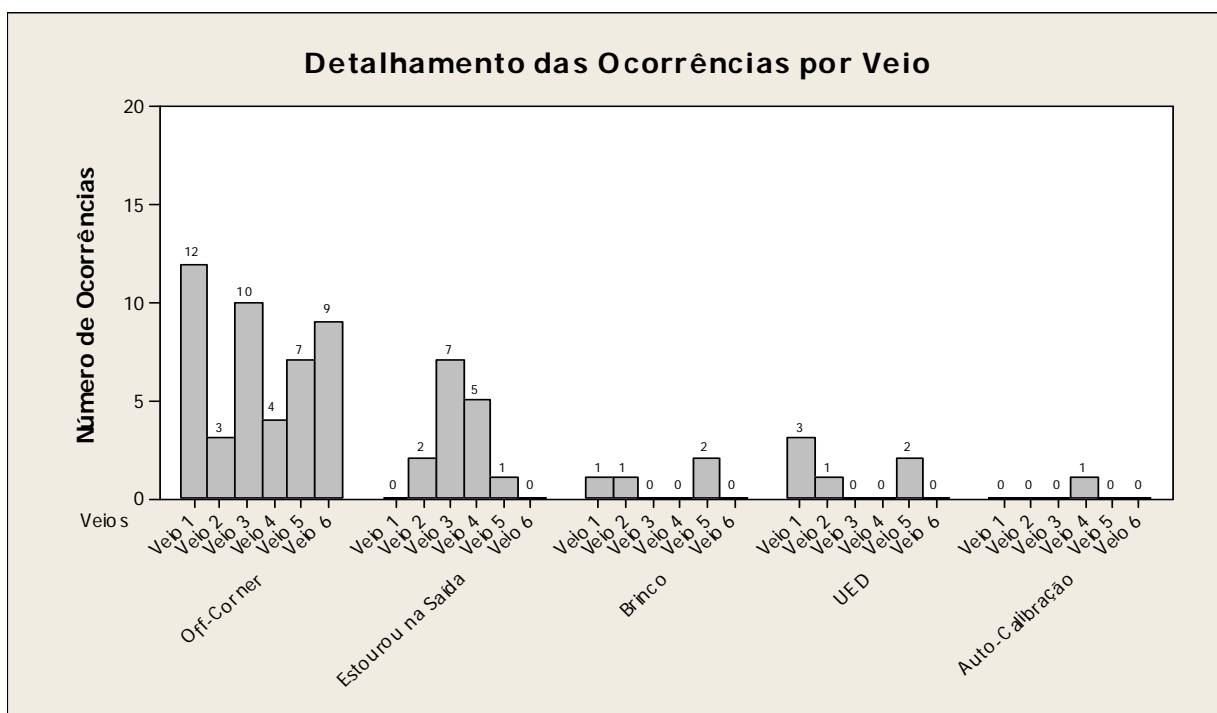
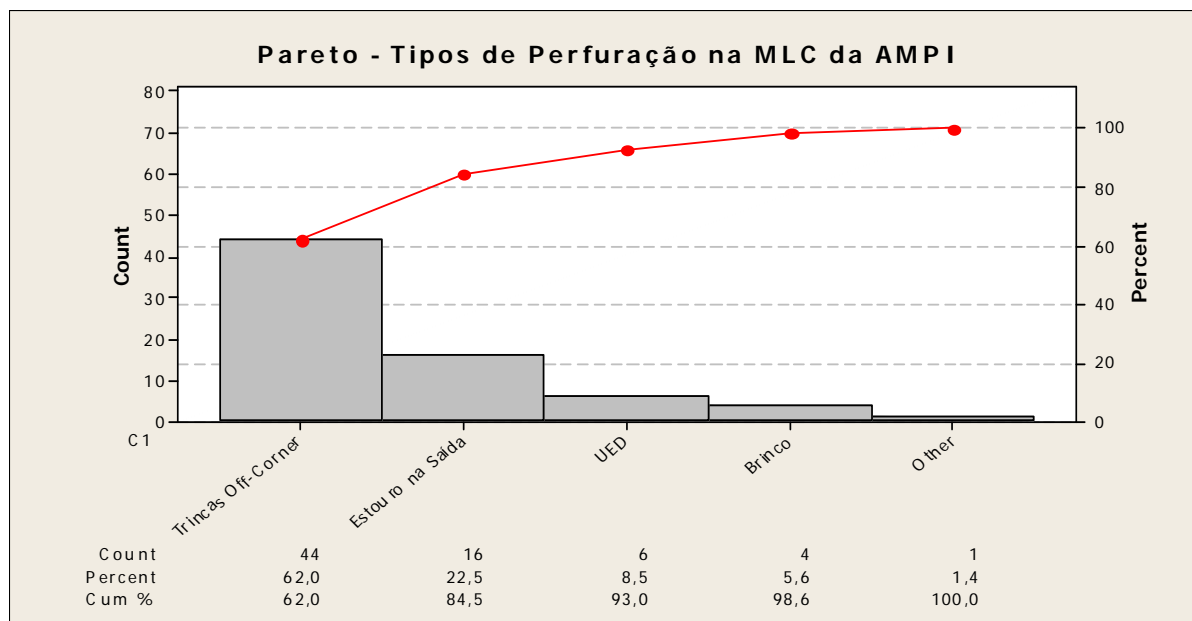


Figura 1. Estratificação (por tipo e veio de ocorrência) das perfurações observadas.

Após a realização de um pareto (Figura 2), várias literaturas foram utilizadas para identificar as variáveis de maior influência em cada tipo de perfuração observada.



**Figura 2.** Estratificação (por tipo e veio de ocorrência) das perfurações observadas.

Além dos gráficos mostrados acima, várias outras análises foram feitas utilizando-se do *software* estatístico Minitab.

## 2.2 Trincas *Off-corners*

No lingotamento contínuo, um dos principais defeitos do produto lingotado é a chamada trinca de solidificação, sendo que no lingotamento de tarugos (*billets*) destaca-se a trinca *off-corner*. Tais trincas podem aparecer na superfície do tarugo ou internamente.

Na ArcelorMittal Piracicaba verificamos uma grande interferência do *design* do molde e no teor de carbono na incidência destas trincas, além da taxa de refrigeração.

Foram realizadas alterações nas vazões da água de refrigeração do molde e primeira zona de refrigeração com bicos de *sprays* das quais obtivemos bons resultados. Uma limitação da vida útil das lingoteiras também foi crucial para o controle das ocorrências de perfurações originadas por este tipo de trinca, que correspondiam a cerca de 70% das ocorrências observadas nos seis meses de análise.

As trincas *off-corners* foram identificadas, exclusivamente, em aços lingotados com teores de carbono entre 0,26% e 0,32%, que correspondem a 90% dos aços lingotados na ArcelorMittal Piracicaba.

## 2.3 Atrito Excessivo Entre Molde e Tarugo

Cerca de 25% das perfurações observadas no período em análise, tiveram como característica o rompimento das faces do tarugos logo na saída do molde, fato este sempre decorrente de fortes e sucessivos “agarramentos” entre o tarugo e molde.

A característica marcante para este tipo de perfuração foi à ocorrência exclusiva para moldes com tempo de vida útil inferior a 80 corridas.

Para correção do problema, uniformizamos a vazão de óleo nas lingoteiras e realizamos um estudo dos fornecedores de lingoteiras. Como resultado, uma grande



diferença de desempenho entre os fornecedores foi observada, apesar de estarmos, teoricamente, trabalhando com o mesmo *tapper*.

Os sucessivos “agarramentos” foram observados, exclusivamente, para aços com teores de carbono entre 0,26% e 0,32%.

Uma equação polinomial de segundo grau foi traçada (Figura 3), para descrever os *tappers* das lingoteiras dos fornecedores com a finalidade de identificarmos as possíveis diferenças.

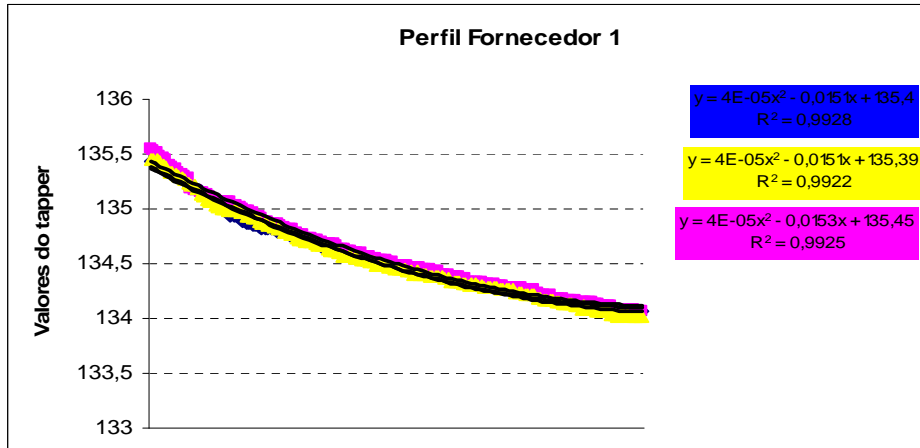


Figura 3. Estratificação (por tipo e veio de ocorrência) das perfurações observadas.

## 2.4 Perfurações na Última Zona de Resfriamento por Sprays.

As perfurações na última zona de resfriamento por *sprays* causavam vários danos e paradas prolongadas do veio em questão. Nos seis meses de análise, identificamos 6 ocorrências, o que correspondia a cerca de 9% do total de ocorrências.

Identificamos a vida útil das lingoteiras e a obstrução de bicos como as causas principais das ocorrências. Após a realização do trabalho, as ocorrências de perfurações na última zona de resfriamento foram anuladas.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

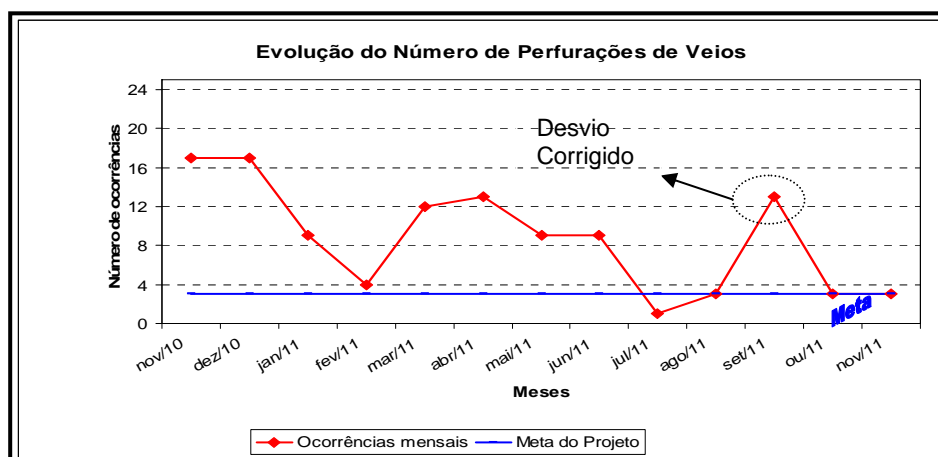


Figura 4. Evolução do número de perfurações de veios da MLC da AM Piracicaba.

Após um plano de ação finalizado em junho/11 conseguimos um bom controle das ocorrências em agosto/11 e setembro/11. Após a identificação da origem do desvio



em setembro/11, tendo como causa a diferença de performance entre os fornecedores, conseguimos estabilizar e manter a meta.

Como resultado, a MLC da AM Piracicaba alcançou um alto grau de estabilidade, não ocasionando mais paradas forçadas do forno elétrico devido perfurações de veios.

A dinâmica de troca de lingoteiras também foi alterada e, conseguimos o resultado ilustrado na Figura 5.

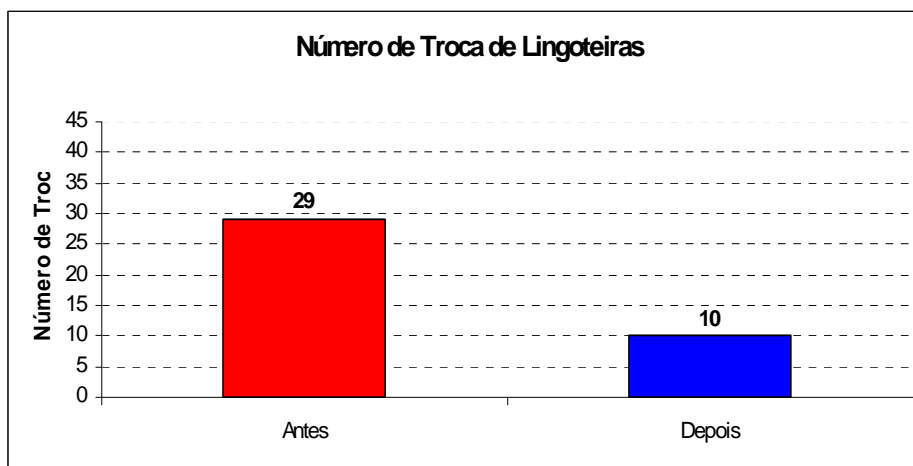


Figura 4. Evolução do número de troca de lingoteiras na MLC da AM Piracicaba.

Conforme podemos observar no gráfico da Figura 5, retirávamos as lingoteiras para a cada 80 corridas de operação contínua para revisão e limpeza. Porém, após o desenvolvimento das ações e conseqüente estabilidade da Máquina de Lingotamento Contínuo, concluímos não haver mais necessidade de tal procedimento. As lingoteiras passaram a operar, continuamente, até o final da sua vida útil (cerca de 330 corridas).

Outros resultados obtidos estão listados abaixo:

- maior segurança operacional;
- menor trabalho operacional na plataforma da MLC;
- redução dos custos de manutenção da MLC (cabos dos sensores de nível, rolos de pé, bicos de *sprays*, bananas, etc.);
- redução do trabalho operacional na oficina de moldes; e
- menor índice de perda de veios por oscilação de nível.

Observamos com os resultados finais que para o controle das trincas *off-corner* as seguintes ações se mostraram efetivas:

- aumento da vazão da água de refrigeração do molde;
- aumento da vazão da água na primeira zona de *sprays*; e
- limitação da vida útil das lingoteiras.

Com relação aos “agarramentos” sucessivos observados, as ações seguintes foram efetivas:

- avaliação da diferença de performance dos fornecedores e dos respectivos tappers de suas lingoteiras; e
- otimização da lubrificação da lingoteira.

A ausência de perfurações na última zona de resfriamento após a realização do trabalho pode ser atribuída às seguintes ações:

- limitação da vida útil das lingoteiras, que resultou em uma limitação da perda da eficiência de refrigeração no molde ao longo dos desgaste progressivo das lingoteiras;



- aumento da vazão da água de refrigeração dos moldes;
- aumento da vazão da água de refrigeração da primeira zona de *sprays*; e
- controle dos demais tipos de perfurações, resultando em uma diminuição da obstrução dos bicos de *sprays* pelo aço projetado durante a ocorrência das mesmas.

## Agradecimentos

A toda equipe da ArcelorMittal Piracicaba, que não mede esforços em busca da otimização contínua de processos e maior segurança operacional. Em especial, à todo corpo técnico da Aciaria, por todo apoio e liberdade concedidos para executar testes e propor mudanças.

## REFERÊNCIAS

- 1 PENNA, V.P. Dissertação de Mestrado: Trinca de solidificação off-corner no lingotamento contínuo de tarugos. UFMG. BH. 2005.
- 2 BRIMACOMBE, J.K, SAMARASEKERA, I.V, LAIT, J.E, Heat Flow, Solidification and Crack Formation. Continuous Casting, V2,1984.
- 3 BAPTISTA, L.A. Curso de Solificação.
- 4 BRIMACOMBE, J.K. & SAMARASEKERA, I.V. Ironmaking and Steelmaking, n.9, p. 1-15, 1982.
- 5 BRIMACOMBE, J.K.; HAWBOLT E.B. & WEINBERG, F. “Metallurgical Investigation of Continuous Casting Billet Moulds”. ISS Transactions, v. 1, p. 29-40, 1982.
- 6 SAMARASEKERA, I.V. & BRIMACOMBE, J.K. “Application of mathematical models for the improvement of billet quality”. Steelmaking Conference Proceedings, p. 91-103, 1991.
- 7 SATO, C.; BOSCO, M.A.; RIBEIRO, W.J. & BORNACKI, A.A. Redução de trincas de solidificação recusáveis no aço A40. Seminário interno de siderurgia da BELGO - Usina de Monlevade–GTEC/GGJM, 2003.
- 8 SAMARASEKERA, I.V. The Making, Shaping and Treating of Steel, 11ª Edition, Casting Volume, 17, Continuous Casting of Steel billets, 2003.