

# EFEITOS DA UTILIZAÇÃO DE IMPACT PADS NA CCM DA HUACHIPATO<sup>1</sup>

Javier Concha Ribas<sup>2</sup>  
Washington Beddings<sup>3</sup>  
Wender Andrade Alves<sup>4</sup>  
Francisco Fierro<sup>5</sup>

## Resumo

Desde 2004 os distribuidores das máquinas de lingotamento contínuo da Companhia Siderúrgica Huachipato (CSH) vêm utilizando impact pads em sua configuração. Este trabalho tem por objetivo a avaliação da influência e os benefícios obtidos com a utilização de impact pads no distribuidor da Huachipato. Os benefícios esperados são remoção de inclusões e aumento do rendimento da máquina de lingotamento contínuo. A metodologia empregada neste trabalho consistiu no modelamento matemático preliminar para projeto do mobiliário, utilização sistemática de Ripple Pad e finalmente análise dos resultados em produto (avaliação da remoção de inclusões) e em processo (ganhos de rendimento). Obteve-se uma redução consistente de descartes da ordem de 20% em relação ao material descartado em seqüenciais misto, proporcionando ganhos de rendimento com a implementação do sistema. Além disso, obteve-se outros ganhos em consumo de refratários e segurança operacional.

**Palavras-chave:** Modificador de fluxo; Lingotamento contínuo; Transição de aço.

## THE EFFECT OF IMPACT PADS USAGE AT HUACHIPATO'S CCM

### Abstract

Since 2004, tundish from Huachipato (CSH) Continuous Casting Machine are using impact pads. This work aims to evaluate the influence and benefits obtained with the utilization of impact pads at CSH. The expected benefits are inclusion removal and yield improvement in the continuous casting machine. The methodology employed in this work consisted in preliminary mathematical modeling (CFD) of the system for the furniture project, the systematic Ripple Pad utilization and finally the analysis of results on product (inclusions removal evaluation) and process (for yield improvements). Consistent reduction around 20% on grade transition for casting different steel grades was also obtained, providing yield improvement. Moreover, other benefits such as refractories consumption and operational safety were also obtained.

**Key words:** Impact pad; Continuous casting; Grade transition.

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

<sup>2</sup> *Huachipato – Ingeniero de Prodcción Acerias y Colada Continua*

<sup>3</sup> *Huachipato – Jefe de Maquinas de Colada Continua*

<sup>4</sup> *Vesuvius – Product Specialist*

<sup>5</sup> *Vesuvius – Account Manager*

## 1 INTRODUÇÃO

O atual nível de competitividade do mercado siderúrgico mundial exige esforços constantes no sentido de reduzir os custos de transformação e no da elaboração de produtos com maior valor agregado. Essas demandas vêm impelindo as indústrias correlatas a uma busca incessante por novas tecnologias que possam atender de modo satisfatório essas exigências aparentemente contraditórias.

Apesar de o distribuidor inicialmente ter sido concebido como um reservatório para conectar painéis com aço líquido aos moldes da máquina de lingotamento contínuo, em uma visão moderna de engenharia de fluxo ele adquire novas atribuições, desempenhando o papel importante na definição do nível de limpeza interna do aço, uma vez que representam talvez a última oportunidade para que essa característica do aço seja trabalhada. A alteração do padrão de fluxo para obtenção de uma maior homogeneidade termoquímica entre os veios; desenvolvimento de uma maior parcela de fluxo pistonado para transição mais eficiente de graus de aço e eliminação de fluxos tipo vórtex que arrastem escória diretamente para o molde devem ser considerados.

Desta forma, foram desenvolvidas alternativas através dos esforços de diversos pesquisadores originando soluções mais complexas, com o surgimento dos genericamente chamados *impact pads*. Estes dispositivos, desde sua concepção, devem considerar a captura, desaceleração e reorganização do fluxo de aço proveniente do tubo longo como premissa básica a um funcionamento adequado. Dada a extrema energia deste jato de aço, um material refratário desenvolvido para tais condições de exigência é requerido para garantia de uma performance adequada. Além disso, cada aplicação ou cada novo projeto deve ser encarado como um novo ambiente, influenciado por novos fatores e tipicamente com objetivos de aplicação distintos.

A aciaria da CHS produz uma gama variada de aços e, portanto, a necessidade de realizar o seqüencial misto existe. Este procedimento resulta numa perda considerável de material, por gerar um tarugo de mistura que deve ser descartado. Assim, para obtenção de um melhor rendimento, este tarugo de mistura deve ser o menor possível e isso depende diretamente de como está o fluxo de aço dentro do distribuidor.

Dessa forma, o distribuidor da CSH foi modelado com técnicas de CFD onde se buscou a compreensão do comportamento do fluxo e, principalmente, o desenvolvimento de uma solução de fluxo que reduzisse consideravelmente o nível geral de inclusões no aço lingotado e aumentasse o fluxo tipo pistonado com vistas a facilitar misturas de grau em um seqüencial.

## 2 OBJETIVO

Esta experiência foi feita com a finalidade de avaliar as possíveis reduções da quantidade de tarugos desviadas por mistura de graus de aço em uma mesma seqüência no distribuidor. Em função da especificação química dos aços envolvidos na mistura, se definem as alternativas de aplicação para as peças envolvidas.

Assim, este trabalho tem como objetivo testar a eficiência de um modificador de fluxo de distribuidor (*Impact Pad Ripple Pad*) desenvolvido especialmente para a máquina de lingotamento contínuo da CSH.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Estudos desenvolvidos no ano de 2002 na CSH permitiram determinar que a quantidade de tarugos identificados dentro da mistura de graus de aço está relacionada com a diferença de composições químicas entre os aços envolvidos no sequenciamento, correspondendo no máximo a 25 toneladas. As peças identificadas como parte da mistura são definidas também de acordo com o número de veios operando no momento de sua execução.

Ao processar estes aços de composição distinta em uma mesma seqüência de corridas, invariavelmente uma mistura de aços é gerada, afetando um número específico de peças. A transição entre um e outro grau de aços depende, além da diferença de composição química, do grau de mistura proporcionado pelo fluxo do distribuidor.

Em uma condição ideal, não produzindo-se mistura dos aços envolvidos, a transição seria imediata de um tipo a outro de aço em lingotamento, similar ao ocorrido em um fluxo em pistão. Por outro lado, uma mistura completa implicaria em mudança gradativa de composição química, indicando um fluxo de alta turbulência com recirculação, manifestando oscilações na composição química durante a transição, como indica a Figura 1:

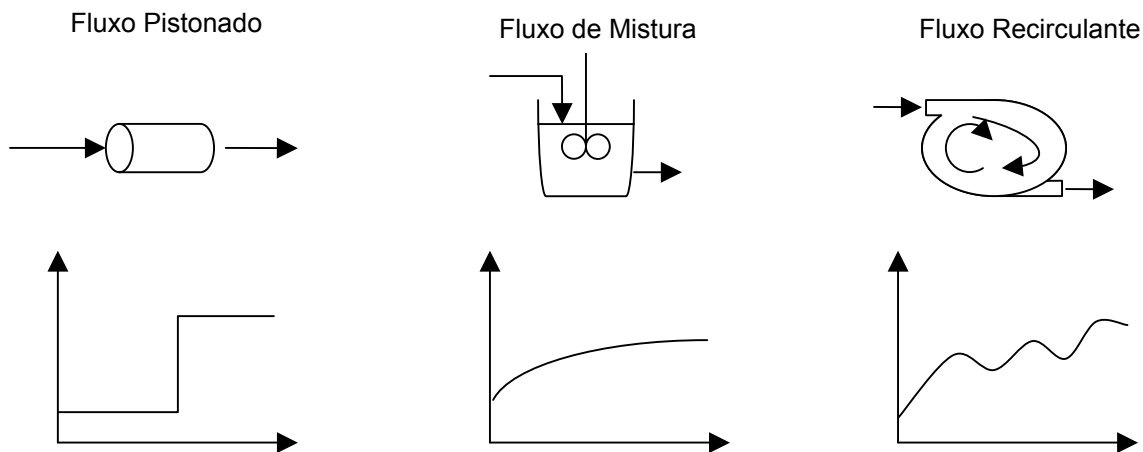


Figura 1: Transição de composição química em distribuidores.

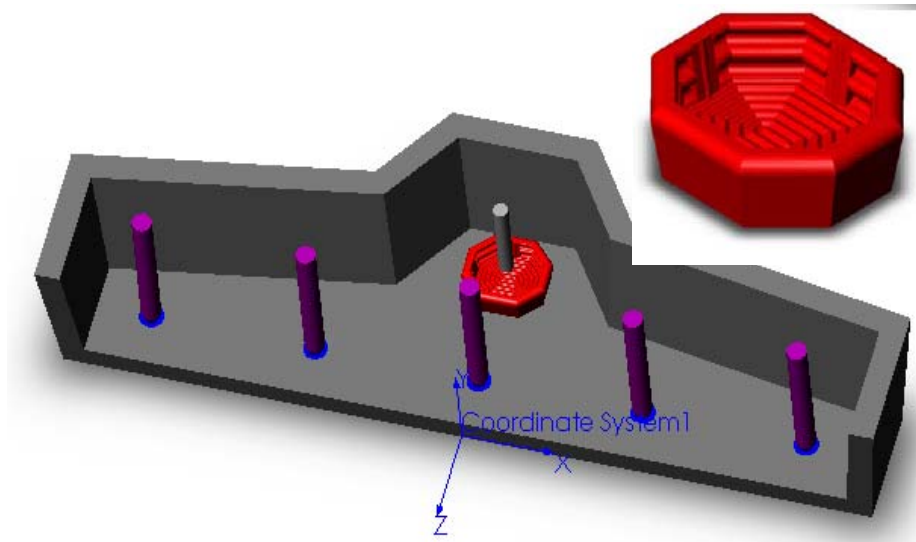
#### 3.1 Projeto do Modificador de Fluxo

A CSH utiliza um distribuidor tipo “Delta T” de 5 veios sem presença de mobílias em sua máquina de lingotamento de tarugos.

O projeto do mobiliário desenvolvido para este distribuidor compreendeu a avaliação de *Impact Pad* mais adequado para homogeneização do fluxo de aço, aumento do volume pistonado e redução de turbulência dentro do distribuidor. O conceito do projeto foi desenvolvido pela *Advent Process Engineering* através de modelamento matemático com técnicas de CFD, utilizando o *software* Fluent SST-ADV.

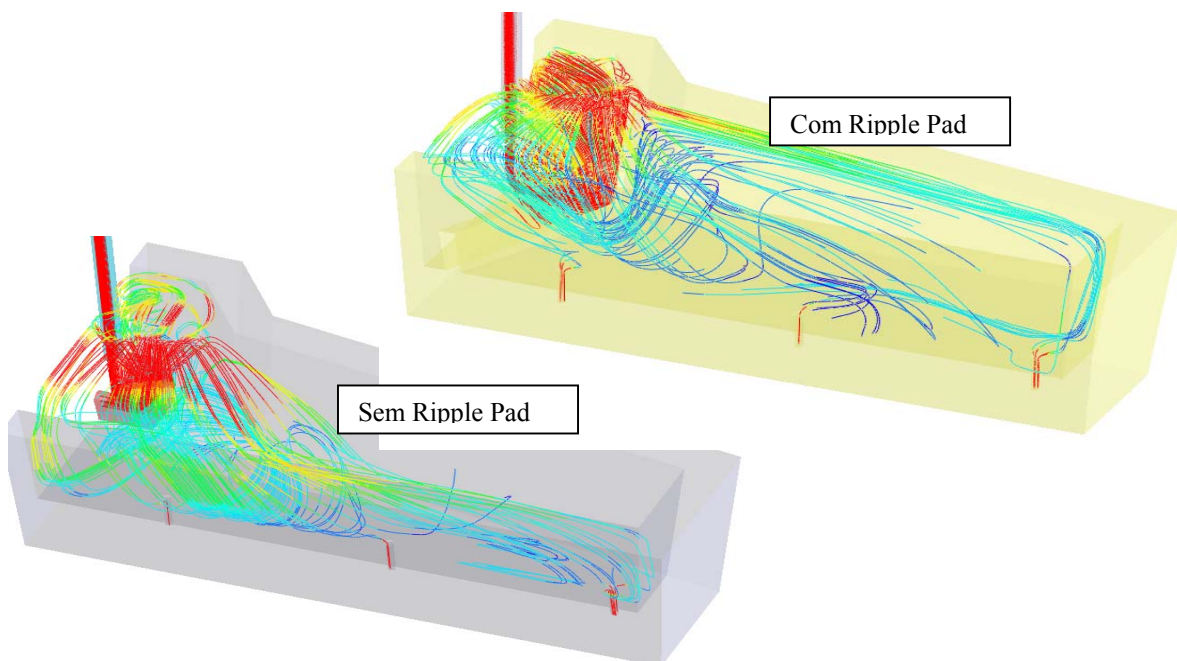
Este projeto tinha como objetivos fundamentais a eliminação de curto circuitos, direcionamento do fluxo de aço para a região de escória sintética de cobertura do distribuidor, melhoria na homogeneidade termoquímica entre os veios, aumento do MRT (*minimum residence time*) e aumento na porcentagem de fluxo pistonado dentro do distribuidor.

A Figura 2 apresenta o projeto completo de montagem da solução de fluxo mais adequada aos objetivos definidos. Apresenta ainda os detalhes do “*impact pad*” tipo “*Ripple Pad*”. Uma vez definido o melhor projeto/conceito de fluxo para o distribuidor da CSH, procedeu-se a coleta de dados industriais de variação de rendimento metálico.



**Figura 2:** Configuração do distribuidor da CSH com projeto Ripple Pad

Para condição de utilização do distribuidor da CSH, verifica-se uma notória diferença em turbulência gerada pelo fluxo do aço e perfil de fluxo entre a antiga condição e a nova condição utilizando *Ripple Pad*, conforme pode ser verificado na Figura 3, onde as cores vermelhas indicam altas velocidades e as azuis baixa, demonstrando que o comportamento do *Ripple Pad* é eficiente na redução da propagação da turbulência e na melhoria do perfil de fluxo.



**Figura 3:** Comparação de Fluxo com e sem o Ripple Pad.

### 3.2 Teste Industriais

Fez-se a avaliação do aumento do rendimento em seqüências mistas a partir do lingotamento de algumas seqüências de aços de qualidade distintas, utilizando-se o modificador de fluxo no distribuidor e comparou-se o perfil de mistura com o de corridas lingotadas sem o modificador.

Este trabalho foi realizado em duas etapas. Em uma primeira, se efetuou estudos de mistura de graus de aço em distribuidor com sistema de proteção de jato com válvula submersa e tampão, em corridas com 3, 4 e 5 veios. Amostras de cada tarugo identificado como de mistura foram retiradas. Análises de composição química foram realizadas no laboratório central IDAC da Companhia Siderúrgica Huachipato.

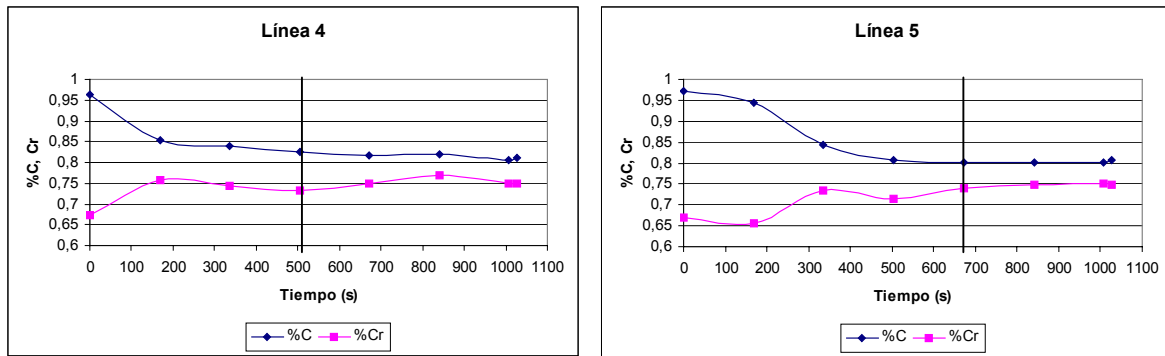
Em uma segunda etapa, se estudaram misturas em corridas processadas sem proteção de jato. Diferentemente da etapa anterior, as amostras foram obtidas diretamente na saída do veio do distribuidor nas diferentes linhas de corrida (Figura 4). Estas amostras também foram enviadas a análise química com auxílio de espectrômetro.



**Figura 4** : Amostragem de Aço durante Sequência de Jato Aberto

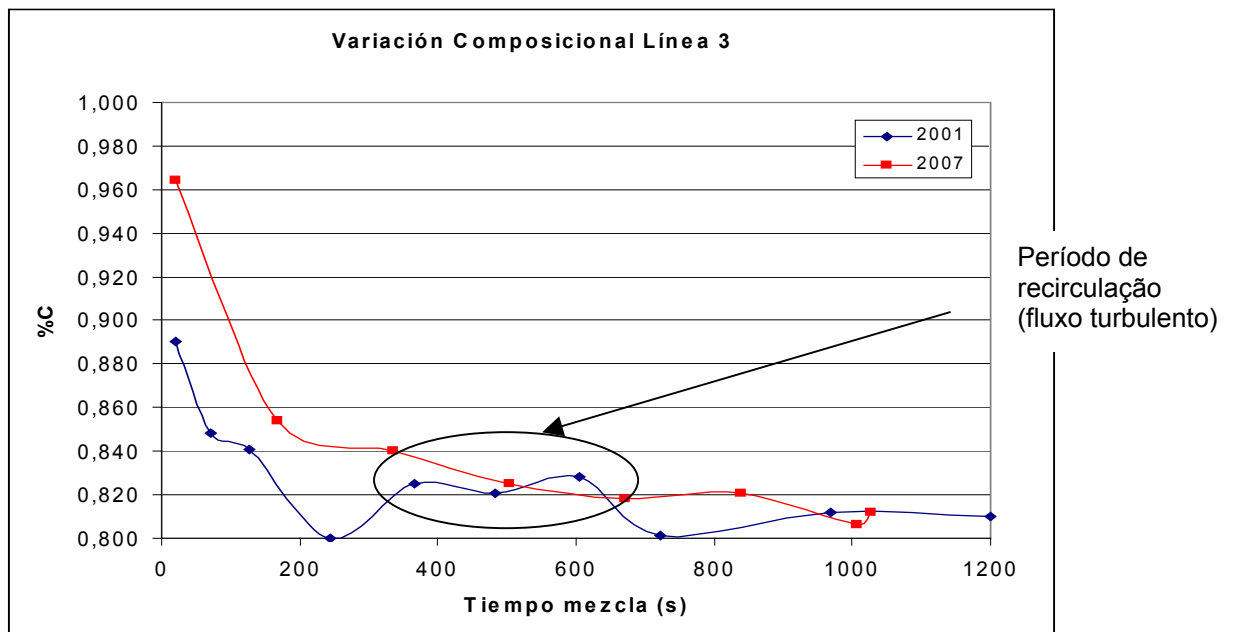
## 4 RESULTADOS

A partir dos resultados de composição química de cada amostra registrada, se analisou a variação de composição química dos elementos em maior proporção (%C, %Si, %Mn, %Cr), ao longo da mistura. Em virtude destas informações, juntamente com as faixas de composição química dos respectivos graus de aço processados, se estabeleceu a duração da transição entre graus. Neste cálculo se considerou o número de veios operando, assim como a velocidade de lingotamento. Observa-se uma menor perda de massa de aço em transição de graus de aço em distribuidores que utilizam os modificadores de fluxo Ripple Pad, quando comparados a uma situação idêntica sem modificadores de fluxo. A mistura de graus tem uma menor duração nos veios centrais quando comparados aos veios da extremidade. Isso é um indício de eliminação de recirculação bem como também é um produto do ponto de abertura da panela.



**Figura 4.** Variação Composicional para mistura de graus 274 – 278 (%C y %Cr).

Adicionalmente, não foram registradas alterações significativas na variação da composição química atribuídas a recirculação de aço ou fluxo arbitrário, o que corrobora o efeito de menor turbulência provocado pela presença dos modificadores de fluxo Ripple Pad no distribuidor. A Figura 5 mostra o comparativo com e sem Ripple Pads, elucidando sua influência na recirculação de aço no distribuidor durante troca de graus de aço de mesma espécie:



**Figura 5:** Variações de Composição. Comparação com modificador (2007) e sem modificador de fluxo (2001)

Os primeiros estudos desenvolvidos no ano de 2002 demonstraram que havia um período de mistura de graus e que em casos extremos poderiam atingir até 25 tarugos de mistura. Em função da velocidade de lingotamento, para tarugos de 7.000 mm de comprimento, se considera:

**Tabela 1:** Tempo de mistura de graus sem Ripple Pad

Vel. Lingot. (m/min)	Tempo de transição de graus (s)		
	5 Veios (5 pcs / veio)	4 Veios (6 pcs / veio )	3 Veios (8 pcs / veio)
2,2	954,5	1145,5	1527,3
2,3	913,0	1095,7	1460,9
2,5	840,0	1008,0	1344,0
2,6	807,7	969,2	1292,3
2,7	777,8	933,3	1244,4
2,9	724,1	869,0	1158,6

Os resultados alcançados ao se utilizar os modificadores de fluxo indicam que a transição de graus de aço se extingue em um tempo menor, inclusive em períodos significativamente mais curtos (300 segundos). Como valor conservador para assegurar que a transição de graus irá ocorrer completamente, foram considerados os tempos mais longos da transição sem Ripple Pad para base de comparação. Desta forma, os resultados indicam que se obtém uma redução de 20% dos tempos de mistura nos distribuidores, como indica a Tabela 2:

**Tabela 2.** Tempo de mistura de graus de aço com Ripple Pad.

Vel. Lingot. (m/min)	Tempo de transição de graus (s)		
	5 Veios (4 pcs / veio)	4 Veios (5 pcs / veio)	3 Veios (6 pcs / veio)
2,2	763,6	954,5	1145,5
2,3	730,4	913,0	1095,7
2,5	672,0	840,0	1008,0
2,6	646,2	807,7	969,2
2,7	622,2	777,8	933,3
2,9	579,3	724,1	869,0

Isso implica em uma redução de aproximadamente cinco tarugos para cada transição de graus de aço ocorrida em uma seqüência. Estes cinco tarugos correspondem aos últimos processados durante a transição e podem ser utilizados como o grau correspondente ao novo aço envolvido na seqüência. Os resultados alcançados estão próximos aos observados em outras siderúrgicas que se envolveram em desenvolvimentos semelhantes.

## 5 CONCLUSÕES

A incorporação de modificadores de fluxo tipo Ripple Pad na montagem de distribuidores modificam as condições originais de fluxo do mesmo, trazendo sensíveis vantagens sobre a qualidade do aço, particularmente no que se refere a limpeza do produto final. Adicionalmente, a aplicação de impact pads se traduz em uma maior uniformidade termo-química do aço no distribuidor, diminuindo a propagação de turbulência e aumentando o fluxo tipo pistão.

Os benefícios do uso desta tecnologia estão notadamente presentes na mistura de graus de aço em uma mesma seqüência, reduzindo a quantidade de peças afetada pela mistura de graus de aço. Com base nos estudos realizados na máquina de lingotamento contínuo de Billet da Companhia Siderúrgica Huachipato (CSH), foi

observada uma redução de 20% do descarte de aço na mistura de graus de aço, diminuindo de 25 para 20 peças descartadas em cada mistura de graus.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- 1 Levenspiel, O., Ingeniería de las Reacciones Químicas, Cap. 9, pp. 277 – 337, Reverté (1998).
- 2 Tancredo, G., dos Santos, A., Sequenciamento de Aços de Qualidade Distintas no Lingotamento Contínuo, 4º Simposio Interno de Unidad Estratégica de Negocios, Aços Villares S.A.
- 3 Clark, M., Wagner, T., Trouset, A., Modelling for Tundish Applications, Foseco Steel Europe, 2002.
- 4 Carboni, M. et Al., Utilização de Modificadores de Fluxo no Distribuidor de Máquina de Lingotamento Contínuo da Aços Villares – Usina Mogi das Cruzes, XXXVII Seminario de Acería – Internacional, ABM Brasil, 2006.
- 5 Mansur, A. et Al., Utilização de Modificadores de Fluxo no Distribuidor de Máquina de Lingotamento Contínuo da Aços Villares – Pindamonhangaba, XXXVIII Seminario de Acería – Internacional, ABM Brasil, 2007.