



# SIMULAÇÃO FÍSICA DO ESCOAMENTO DO AÇO NO INTERIOR DO DISTRIBUIDOR DE LINGOTAMENTO CONTÍNUO COM OU SEM MODIFICADORES DE FLUXO

**Autor:** Elisa A. S. Darsie  
**Orientador:** Felipe D. Machado  
Magda G. François  
Antonio C. F. Vilella

Laboratório de Siderurgia  
Centro de Tecnologia – UFRGS  
Avenida Bento Gonçalves, 9500 - Porto Alegre/RS  
Fone: (51) 3316 7116 – www.ct.ufrgs.br/lasid



## 1 INTRODUÇÃO

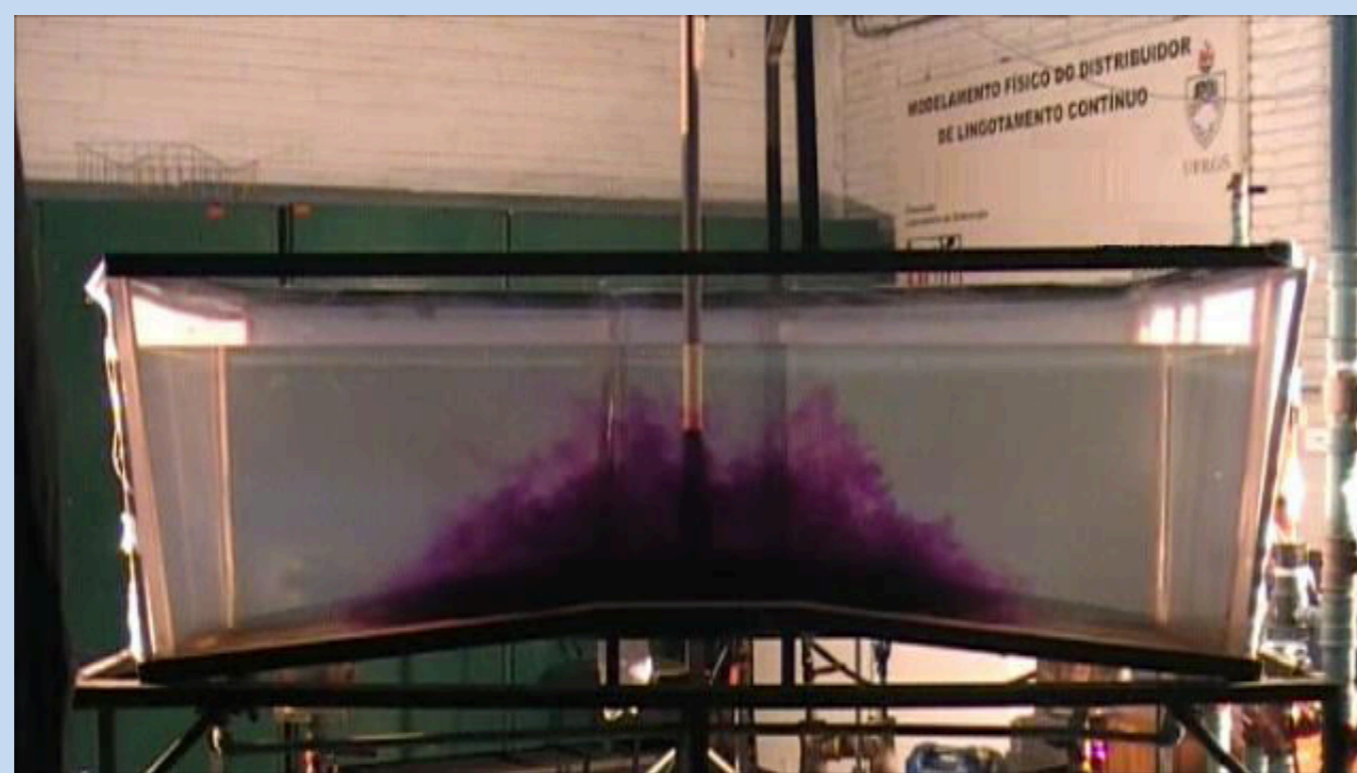
O distribuidor de lingotamento contínuo tem como funções básicas a distribuição contínua de aço líquido para os moldes além de atuar como pulmão durante a troca de painéis. A busca na melhoria da qualidade dos aços, principalmente no caso de aços “limpos” (clean steels), faz com que este equipamento também seja empregado como reator metalúrgico capaz de atuar na limpeza inclusonária do aço. Esta função é importante pois as inclusões atuam como concentradoras de tensões e, conseqüentemente, diminuem as propriedades mecânicas dos aços. O estudo em modelos físicos do escoamento interno do distribuidor é essencial para que se consiga reduzir o nível de inclusões não metálicas no aço e para que haja um melhor cumprimento das funções atuais do distribuidor, o que evita tanto problemas de qualidade de produto como problemas operacionais. Para isso o escoamento ideal deve ser ascendente, sem curto circuito (aço que se encaminha diretamente para os veios impossibilitando tanto a flotação de inclusões como a aderência das mesmas na camada de escória) e com o máximo de contato com a escória.

## 2 OBJETIVOS

Visualizar e avaliar qualitativamente o escoamento no interior do distribuidor por meio do emprego do ensaio de linhas de fluxo (corante) sobre as diferentes configurações no distribuidor propostas a fim de modificar o escoamento e torná-lo favorável à remoção de inclusões.



**Figura 1** – Modelo físico do distribuidor de lingotamento contínuo



**Figura 2** – Ensaio de linhas de fluxo (corante)

## 3 METODOLOGIA

Para os ensaios é utilizado um modelo físico construído em acrílico de um distribuidor de lingotamento contínuo com dimensões iguais às da planta (Figura 1). Como fluido de simulação do aço é utilizado a água por que a sua viscosidade cinemática a 25°C é similar à do aço na temperatura de processamento, aproximadamente 1550°C.

O ensaio fluidodinâmico (Figura 2) é operado com a vazão de 3,8m³/h e em regime permanente, ou seja, a vazão de líquido que entra no distribuidor deve ser a mesma que sai. Desse modo, o ensaio simula o principal regime de operação na planta.

O escoamento interno deve estar plenamente estabelecido e um tempo pré-determinado de estabilização é necessário. Após a estabilização do escoamento é adicionado, em forma de pulso (3 segundos), permanganato de potássio (KMnO4). Assim, a visualização do fluxo de aço que entra no distribuidor torna-se possível por meio do contraste gerado no escoamento. O tempo de injeção do corante é muito menor que o tempo de residência teórico do distribuidor para que não haja interferência no escoamento.

Nesse estudo são utilizadas quatro configurações, são elas:

- Sem o tubo longo sem barreiras;
- Sem tubo longo com barreiras;
- Com tubo longo sem barreiras;
- Com tubo longo e com barreiras;

## 4 RESULTADOS

Para a configuração sem tubo longo e sem barreira (Figura 3a), o escoamento é mais lento devido a quebra do vetor de velocidade gerado pela travessia da interface ar/água. A menor velocidade faz com que o aço não atinja o fundo do distribuidor. No entanto essa configuração favorece ao escoamento um movimento ascendente e, com isso, um maior contato do aço com a escória e só então se dirige aos veios.

Quando é empregada a barreira e sem a utilização do tubo longo (Figura 3b), o escoamento ocorre também de forma ascendente e sem curto circuito. Entretanto, há uma menor velocidade de escoamento gerada pela travessia da interface ar/água e pela quebra dos vetores de velocidade nas barreiras. Esse escoamento mais lento não permite que o aço atinja toda a superfície da escória antes de se direcionar para os veios de saída.



**Figura 3** – Ensaios de linha de fluxo: sem tubo longo e sem barreira (a), sem tubo longo e com barreira (b), com tubo longo e com barreira (c), com tubo longo e com barreira (d).

Se adicionado o tubo longo e retirado a barreira (Figura 3c), o aço atinge todo o distribuidor mais rapidamente devido a ausência da quebra dos vetores de velocidade gerada pela travessia da interface ar/água. Essa maior velocidade faz com que o escoamento descendente se dirija diretamente ao fundo do distribuidor sem passar pela escória. Este comportamento caracteriza um curto-circuito bastante prejudicial à qualidade do aço (maior concentração de inclusões) e ao processo de fabricação.

Entretanto, quando há a presença do tubo longo e das barreiras (Figura 3d) o escoamento se torna novamente o ideal, juntamente com a primeira configuração (Figura 3a). O aço faz, novamente, um caminho ascendente, onde é atingido o fundo do distribuidor e sobe pra a escória. Após, o aço entra em contato com toda a escória e somente então se direciona para os veios. Diferentemente da primeira configuração empregada (Figura 3<sup>a</sup>), a quebra dos vetores de velocidade gerada pela presença das barreiras faz com que o escoamento seja muito mais lento e favorável a flotação de inclusões.

## 5 CONCLUSÃO

Ambas as configurações “a” e “d” (figura 3), apresentam o escoamento ascendente, sem a existência de curto-circuito e atingindo por completo a escória. Este escoamento é favorável à remoção de inclusões. No entanto a configuração “d” exibe um tempo de ensaio muito maior, o que propicia a flotação de inclusões e, devido a presença do tubo longo, evita a formação de novas inclusões (exposição do banho à atmosfera oxidante). A configuração “a” (figura 3) apresenta o rompimento da interface ar/água e gera o arraste de bolhas para o seio do banho. Essas bolhas capturam as inclusões auxiliando a flotação destas. Conclui-se que não é possível, somente com o ensaio de linhas de fluxo, escolher uma configuração que seja a melhor para a remoção de inclusões por que ambas as configurações apresentam diferentes mecanismos de remoção de inclusões.

## 6 REFERENCIAS

- [1] FRANÇOIS, M. G., BOCK, M. L. e VILELA, A. C. F. How to chose a good flow modifier/tundish set in the continuous casting of steel. XXXVII Seminário de aciaria, Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais –ABM, Porto Alegre, p.388-97, 2006.
- [2] MAZUMDAR, D. Tundish metallurgy: Towards Increased Productivity and Clean Steel. Trans Indian Institute of Metal, publicado online, Springer, 2013.
- [3] PEREIRA, J. A. M. et al. Physical and numerical modelling of steel process optimization. Steel grips, v. 5., n. 1, 2007.