

# AQUECIMENTO DE VÁLVULA SUBMERSA NO LINGOTAMENTO CONTÍNUO DA VALLOUREC & SUMITOMO TUBOS DO BRASIL<sup>1</sup>

Mariana Marques Modesto Pessoa<sup>2</sup>

Jonatas Langbehn<sup>3</sup>

José Luiz Ramos de Carvalho<sup>4</sup>

Laurent Chesseret<sup>5</sup>

## Resumo

Os aços produzidos pela Vallourec & Sumitomo Tubos do Brasil – VSB são destinados à fabricação de tubos sem costura OCTG (*Oil Country Tubular Goods*) sem costura, empregados no revestimento de poços petrolíferos e condução de óleo e gás. Os tubos da Vallourec & Sumitomo Tubos do Brasil, em aços baixa liga, são altamente resistentes às diversas condições de temperatura e pressão. A ausência de macroinclusões nos tubos é essencial para o sucesso nas aplicações petrolíferas. O controle do processo de aquecimento das válvulas submersas do lingotamento contínuo previne a ocorrência de inclusões decorrentes de trincas no material refratário. O trabalho realizado demonstrou a eficiência do aquecimento de válvulas submersas tipo SEN (*submerged entry nozzle*) pelo sistema “Venturi”, através da análise dos perfis de temperatura, utilizando termopares inseridos nos materiais refratários. As tecnologias adotadas pela Vallourec & Sumitomo Tubos do Brasil apresentaram resultados satisfatórios de aquecimento e resfriamento, bem como ausência de trincas no material refratário.

**Palavras-chave:** Macroinclusões; Aquecimento de válvula submersa; Venturi.

## SUBMERGED ENTRY NOZZLE PREHEATING IN VALLOUREC & SUMITOMO TUBOS DO BRASIL CONTINUOUS CASTING

### Abstract

Steels produced by Vallourec & Sumitomo Tubos do Brasil - VSB are used to produce seamless pipes manufactured for OCTG (Oil Country tubular goods, seamless employed in casing and line pipe. The tubes from Vallourec & Sumitomo Tubos do Brasil, on low-alloyed steels are highly resistant to several conditions of temperature, pressure and corrosion. The absence of macroinclusions is essential for the success in oil applications. The control of the heating process of submerged entry nozzles – SEN in the continuous casting prevents the occurrence of inclusions due to cracks in the refractory material. This work demonstrated the heating efficiency of SEN by the "Venturi" system, by analysis of the temperature profiles using thermocouples inserted in refractory materials. The technologies adopted by VSB showed satisfactory results of heating and cooling, as well as the absence of cracks in the refractory material.

**Key words:** Macroinclusions; Submerged entry nozzle preheating; Venturi.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 44º Seminário de Aciaria – Internacional, 26 a 29 de maio de 2013, Araxá, MG, Brasil.

<sup>2</sup> Engenheira Química, Engenheira de Processo da Aciaria, Vallourec & Sumitomo Tubos do Brasil, Belo Horizonte, Brasil, [mariana.modesto@vstubos.com](mailto:mariana.modesto@vstubos.com).

<sup>3</sup> Engenheiro Metalurgista, Engenheiro do Lingotamento Contínuo, Vallourec & Sumitomo Tubos do Brasil, Belo Horizonte, Brasil, [jonatas.langbehn@vstubos.com](mailto:jonatas.langbehn@vstubos.com).

<sup>4</sup> Mestre em Engenharia Metalúrgica, JLR Engenharia e Consultoria, Vallourec & Sumitomo Tubos do Brasil, Belo Horizonte, Brasil, [consultorjlr.aciaria@vstubos.com](mailto:consultorjlr.aciaria@vstubos.com).

<sup>5</sup> Engenheiro Mecânico, Gerente da Aciaria, Vallourec & Sumitomo Tubos do Brasil, Belo Horizonte, Brasil, [laurent.chesseret@vstubos.com](mailto:laurent.chesseret@vstubos.com).

# 1 INTRODUÇÃO

A Vallourec & Sumitomo Tubos do Brasil – VSB é uma planta integrada localizada em Jeceaba – Minas Gerais – Brasil, *joint venture* entre o grupo francês Vallourec e japonês Sumitomo, atual Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation – NSSMC.

A área siderúrgica é constituída por uma Pelotização, dois Altos-Fornos e uma Aciaria, equipada com Forno Elétrico de tecnologia Consteel®, Forno Panela, Desgaseificador à Vácuo, Lingotamento Contínuo e linha de Inspeção de Barras.

O projeto da Aciaria foi iniciado em 2008 e entrou em operação em agosto de 2011, com capacidade anual de produção de um milhão de toneladas de barras usadas para laminação de tubos petrolíferos sem costura OCTG (*Oil Country Tubular Goods*) e *Line Pipe*. Os tubos da Vallourec & Sumitomo Tubos do Brasil, em aços baixa liga, são altamente resistentes às diversas condições de temperatura e pressão. A empresa é certificada nas normas API 5L, API 5CT e ISSO 9001.

A ausência de macroinclusões nos tubos, advindas de materiais refratários, é essencial para o sucesso nas aplicações dos tubos sem costura.

A utilização de válvulas submersas garante o sequenciamento de corridas no lingotamento contínuo e o controle do processo de aquecimento e resfriamento das válvulas previne a ocorrência de inclusões decorrentes de trincas no material refratário. Fissuras geradas por tensões térmicas nas válvulas submersas podem resultar no arraste da escória do fluxante para o interior da barra em processo de solidificação.

Com o objetivo de determinar a eficiência do aquecimento de válvulas submersas para o *start up* da aciaria da Vallourec & Sumitomo Tubos do Brasil, foi realizada a análise dos perfis de temperatura no aquecimento e resfriamento das válvulas submersas tipo SEN – *submerged entry nozzle* com aquecimento pelo sistema “Venturi”, através da inserção de termopares nos materiais refratários.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Tecnologia Venturi

O aquecimento da válvula submersa é realizado através da sucção dos gases resultantes do aquecimento do distribuidor pelo princípio Venturi (Figura 1). Dentre as principais características desta tecnologia de aquecimento destacam-se: o reaproveitamento de gases quentes do distribuidor e a uniformidade do aquecimento.<sup>(1)</sup>

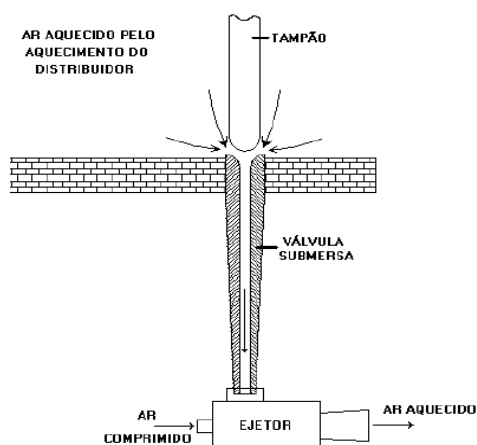


Figura 1. Esquema de aquecimento das válvulas submersas pelo Venturi<sup>6</sup> e foto do sistema da VSB.

## 2.2 Riscos do Aquecimento Inadequado das Válvulas Submersas

A tecnologia de válvula submersa adotada pela Vallourec & Sumitomo Tubos do Brasil é do tipo SEN (*submerged entry nozzle*), com 43 mm de diâmetro interno, corpo em alumina-carbono, colo em MgO e reforço de ZrO<sub>2</sub> na linha de escória. O aquecimento insuficiente da válvula submersa pode resultar em trincas térmicas na linha de escória da SEN durante o lingotamento. Conforme esquematizado na Figura 2, tais fissuras podem promover o arraste da escória do fluxante para o interior da barra em processo de solidificação.

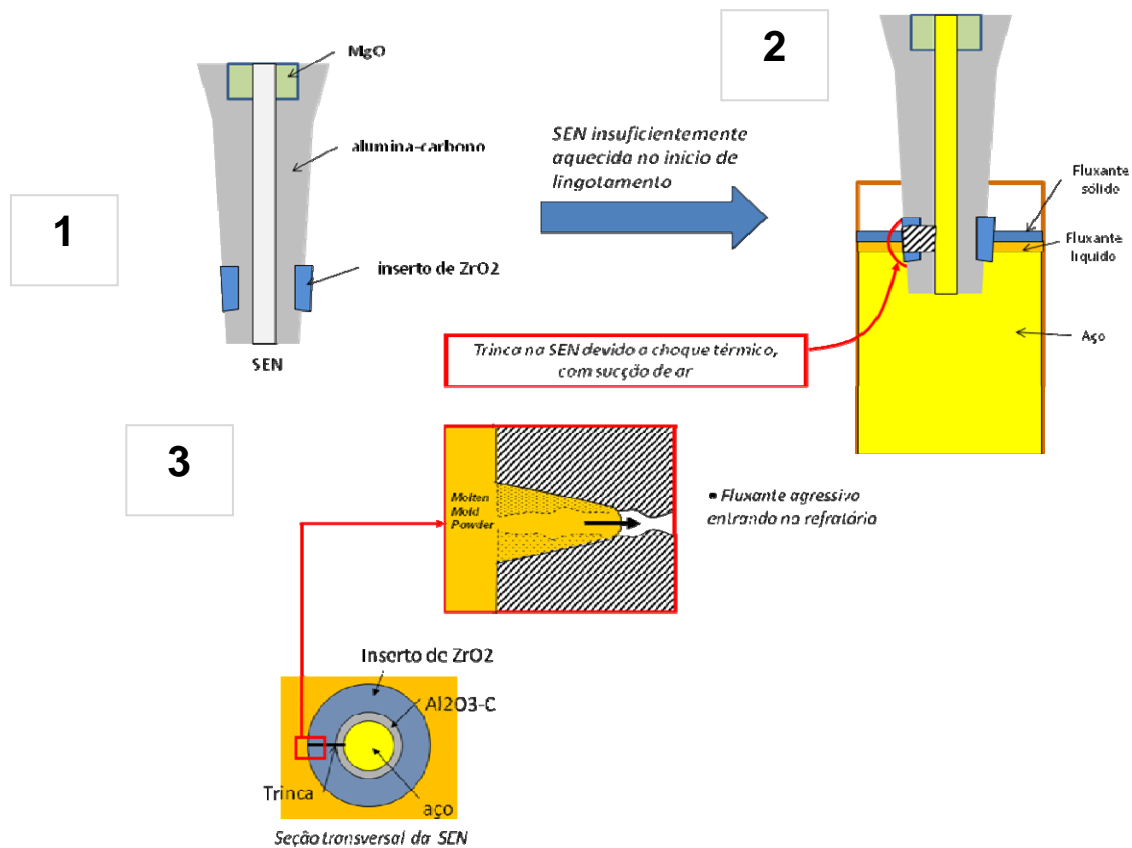


Figura 2. Mecanismo de formação de trincas na SEN por aquecimento insuficiente.

Os isostáticos de alumina-carbono não devem ser pré-aquecidos a mais de 1.100°C, para evitar a descarbonetação do refratário a altas temperaturas. Além disso, a faixa entre 450°C e 800°C deve ser atravessada rapidamente para impedir descarbonetação a baixas temperaturas.<sup>(2)</sup>

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 Curva de Aquecimento do Distribuidor

Foram realizados três testes de aquecimento do distribuidor, com curvas de aquecimento programadas conforme Tabela 1.

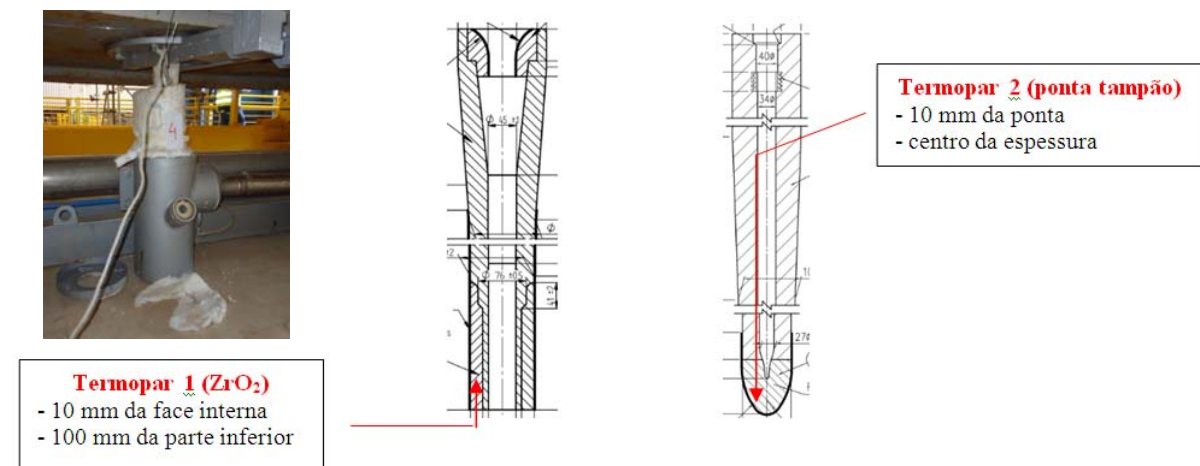
**Tabela 1.** Curvas de aquecimento do distribuidor para os testes

ITEM	Teste 1	Teste 2	Teste 3
Condição de aquecimento	padrão	suave	padrão
Carro Porta Distribuidor	2	2	1
Temperatura máxima (°C) / Tempo para alcançá-la (min)	1.150 / 90	1.100 / 90	1.150 / 90
Tempo total de aquecimento (min)	180	150	180
Tempo de Venturi ligado (min)	90	60	90

### 3.2 Montagem dos Termopares nos Isostáticos

Os testes consistiram na instalação de termopares do tipo K nas válvulas submersas e tampões em 5 veios, nas posições ilustradas na Figura 3.

Os distribuidores de teste foram previamente preparados conforme padrão.



**Figura 3.** Esquema da montagem dos termopares nos materiais isostáticos, com a válvula submersa dentro do forno do Venturi em detalhe.

### 3.3 Medição de Temperatura Durante Aquecimento e Resfriamento do Distribuidor

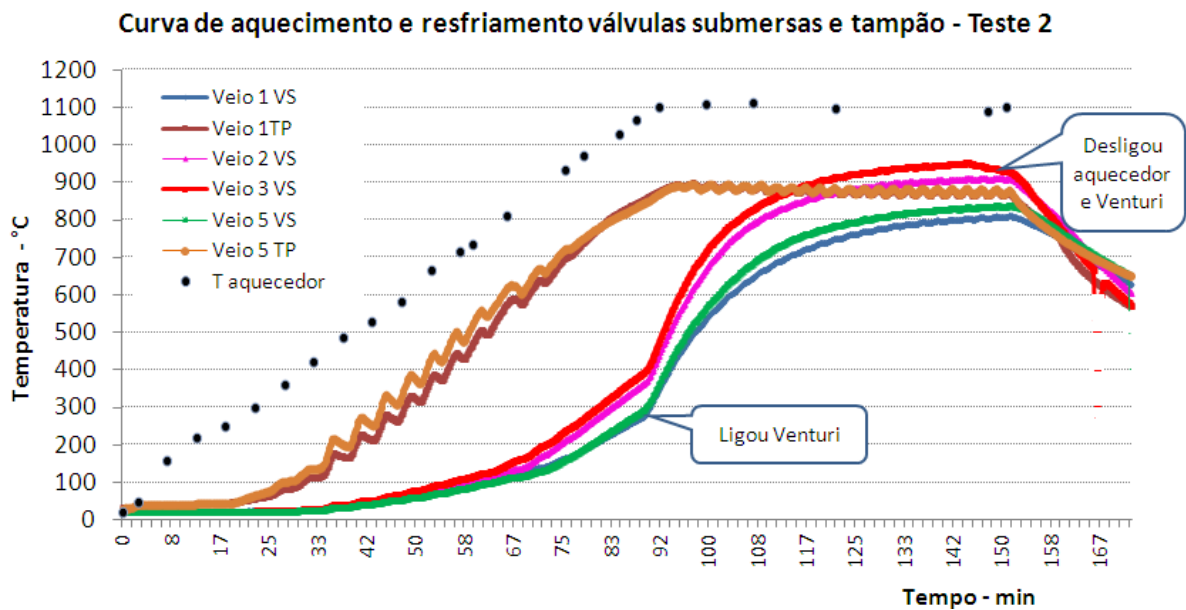
Os dados de temperatura do distribuidor foram coletados por registrador multicanais Yokogawa XL-100. Paralelamente, foram medidas as temperaturas durante o aquecimento e resfriamento da válvula submersa e ponta do tampão através de pirômetro Raytek Raynger 31.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4 apresenta a curva de aquecimento típica obtida nos testes.

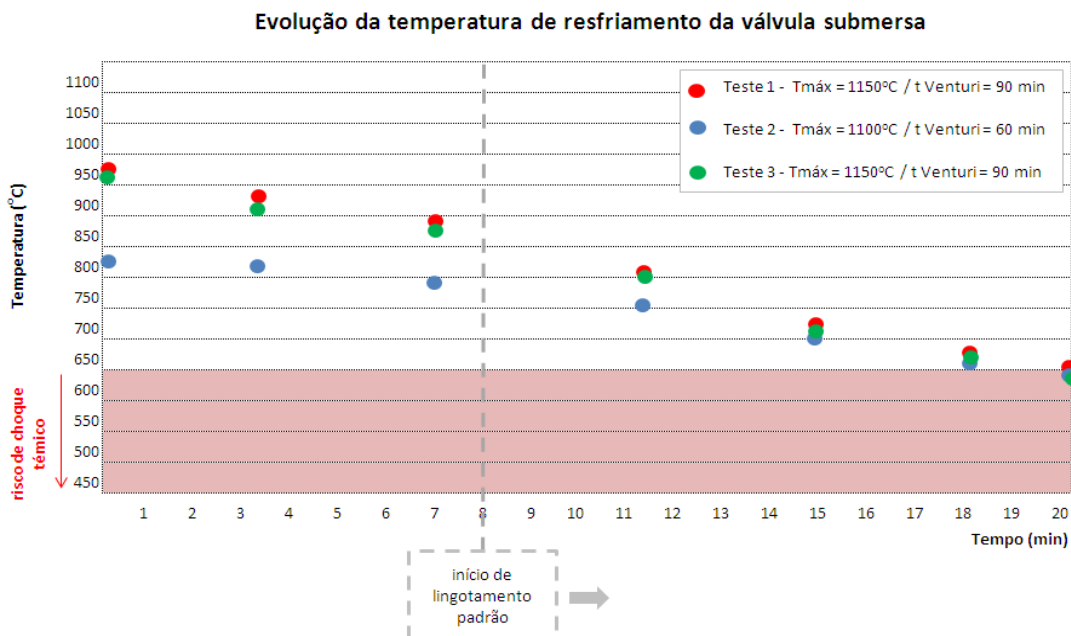
A temperatura das válvulas submersas aumenta consideravelmente após o início do aquecimento pelo Venturi, até entrar em estabilização. Apesar dos veios externos (1 e 5) serem sistematicamente mais frios que os internos (2 e 3) durante o aquecimento, as temperaturas se equalizam após o desligamento do sistema. Constatou-se também que a temperatura na ponta do tampão segue fielmente a tendência da temperatura do aquecedor.

Observa-se que mesmo na condição de aquecimento suave (Teste 2), as temperaturas das válvulas submersas estão acima de 800°C em todos os veios, evidenciando a capacidade de aquecimento do sistema Venturi.



**Figura 4.** Evolução da temperatura dos isostáticos durante o aquecimento do distribuidor – Teste 2. (VS = válvula submersa e TP = tampão).

A evolução da temperatura de resfriamento da válvula submersa para os diferentes testes é apresentada na Figura 5 e mostra que o forno Venturi da VSB é capaz de fornecer temperaturas na válvula submersa superiores a 650°C no início de lingotamento, mesmo na condição de aquecimento suave (Teste 2).



**Figura 5.** Resultado comparativo do resfriamento das válvulas submersas dos testes 1, 2 e 3.

Os testes realizados apresentaram resultados satisfatórios quanto ao aquecimento e resfriamento do distribuidor. A Tabela 2 apresenta os dados do veio mais frio de cada teste.

**Tabela 2.** Resumo dos resultados de aquecimento e resfriamento do distribuidor

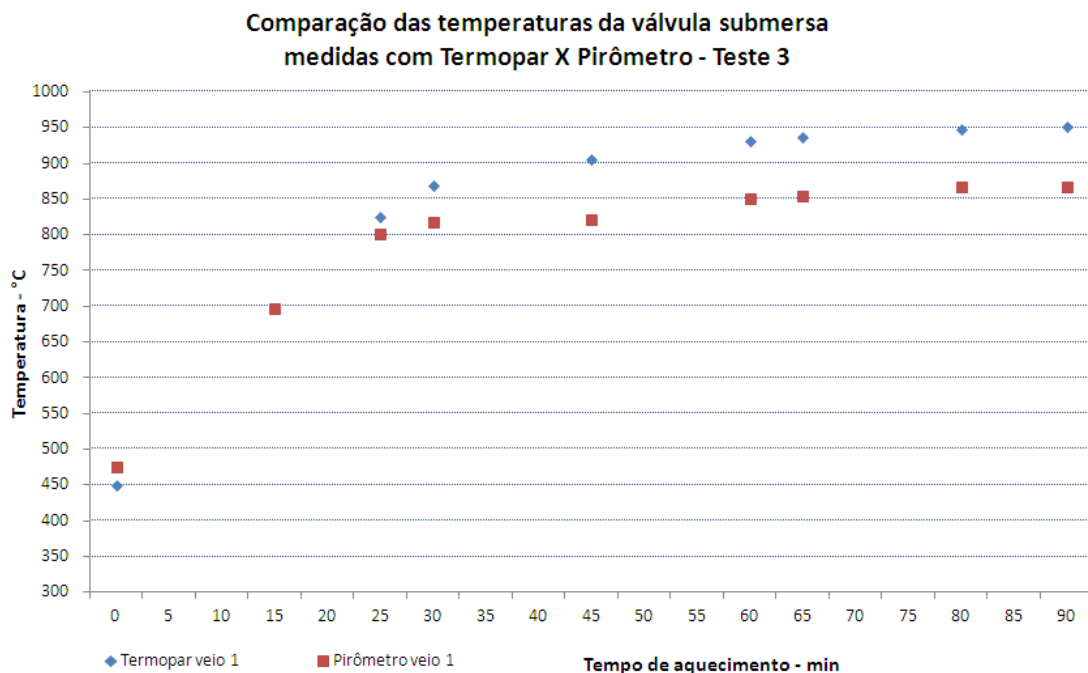
ITEM	Teste 1	Teste 2	Teste 3
Temperatura máxima da válvula submersa durante aquecimento (°C)	950	800	950
Temperatura da válvula submersa após 15' de Venturi desligado (°C)	720	680	710
Tempo de passagem pelas temperaturas de descarbonetação (min)	33	36	15
Descarbonetação no interior da válvula submersa	ausente	ausente	ausente

A Figura 6 mostra a ausência de descarbonetação no interior das válvulas submersas.



**Figura 6.** Seção transversal das válvulas submersas após aquecimento mostrando a ausência de descarbonetação interna.

A comparação das temperaturas da válvula submersa medidas com pirômetro ótico e termopar evidenciam uma diferença sistemática de aproximadamente 100°C, mostrando que o pirômetro é uma ferramenta confiável e de fácil manuseio para o controle de processo de aquecimento e resfriamento do distribuidor.



**Figura 7.** Aquecimento da válvula submersa do veio 1 – Termopar X Pirômetro.

Diante dos resultados obtidos e para padronizar as melhores práticas industriais que minimizassem o risco de trincas por choque térmico na válvula submersa, foram definidos:

- os materiais refratários mais adequados para o *start up* e operação da aciaria VSB; e
- a padronização da curva de aquecimento do distribuidor e da válvula submersa (curva do Teste 3)

## **5 CONCLUSÃO**

O estudo dos perfis de temperatura de válvula submersa antes do *start up* da aciaria da Vallourec & Sumitomo Tubos do Brasil evidenciou a capacidade do sistema Venturi de aquecer a válvula submersa na condição necessária para evitar trincas térmicas durante o lingotamento.

O resultado do trabalho permitiu definir pelo uso da válvula submersa tipo SEN (*submerged entry nozzle*), com garantia para a segurança operacional e qualidade do produto, conforme confirmado pela ausência de ocorrência de trincas térmicas desde o início da produção em agosto de 2011.

## **Agradecimentos**

Equipe de Produção do Lingotamento Contínuo da VSB.  
Luis Pio XII.

## **REFERÊNCIAS**

- 1 FERREIRA, N. F., Controle da Temperatura do Aço Líquido em uma Aciaria Elétrica. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais – PPGEM, Porto Alegre, 2000.
- 2 CONCAST. Metallurgical Manual – Continuous Casting Machine – 5 Strands Rounds Bloom Caster, 2010.