

FINAL DE CAMPANHA DO ALTO-FORNO #2 DA TERNIUM-SIDERAR ¹

Oscar Lingiardi²
Roberto Musante³
Eduardo Velo⁴
Raúl Ametrano⁵
José Zubimendi⁶
Oscar Gómez⁷
Hugo De Nicola⁸

Resumo

O AH N°2 operou de 13 de setembro de 1995, até 27 de Outubro de 2006, data em que foi realizado o abafamento de carga para efetivar um grande reparo e atualização tecnológica. No prazo de 11 anos e 43 dias que operou gerou 22,7 MMt de gusa, representando 9377 t/m³ de volume interno. A corrida da *salamandra* foi bem sucedida e foi atingida em 8 horas depois de parar o alto-forno, corendo 220 t de gusa. O cadinho não apresentou o típico desgaste pata de elefante mas foi do tipo panela tal como o modelo de desgaste de cadinho o antecipou. Se bem o cadinho apresentava um marcado desgaste no fundo, a campanha poderia ter sido estendida. A decisão de parar o alto-forno para realizar um grande reparo, respondeu a uma oportunidade em relação aos futuros planos de expansão da companhia.

Palavras-chave: Alto-forno; Campanha de AF; Desgaste do cadinho

TERNIUM-SIDERAR BLAST FURNACE #2: END OF CAMPAIGN

Abstract

The blast furnace #2 operated since September 13, 1995 until October 27, 2006, the date in which a blow down was performed to carry out a major repair and technological updating. During the 11 years and 44 days that it was in operation, it produced 22.7 t of hot metal, representing 9377 t/m³ of inner volume. The salamander casting was successful and achieved in 8 hours after the shutdown of the furnace, casting 220 t of hot metal. The hearth does not show typical “elephant foot” wear but rather a bowl kind, as predicted by the wear model for this hearth. Although the hearth showed marked erosion at the bottom, the campaign could have been extended. The decision to shutdown the blast furnace to carry out the major repair was a response to an opportunity relating to the company’s future expansion plans.

Key words: Blast furnace; BF campaign; Hearth wear; Blow-down; Salamander.

¹ Contribuição técnica ao XXXVII Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 18 a 21 de setembro de 2007, Salvador - BA, Brasil.

² Tecnólogo de Alto-Forno e-mail: olingiardi@terniumsiderar.com

³ Assistente operativo Alto-Forno N° 2 e-mail: rmusante@terniumsiderar.com

⁴ Supervisor operação Alto-Forno e-mail: evelo@terniumsiderar.com

⁵ Chefe operação Altos-Fornos e-mail: rametrano@terniumsiderar.com

⁶ Chefe control de procesos e-mail: jzubimendi@terniumsiderar.com

⁷ Supervisor operação Alto-Forno, e-mail: osgomez@siderar.com

⁸ Assistente operativo Altos-Fornos e-mail: hdenicola@terniumsiderar.com

INTRODUÇÃO

AF N°2 operou de 13 de setembro de 1995 ⁽¹⁾ até 27 de Outubro de 2006, data em que foi realizado o abafamento de carga para realizar um grande reparo e uma atualização tecnológica. No prazo de 11 anos e 43 dias que operou, gerou 22,7 MMt de gusa, representando 9377 t/m³ de volume interno.

A carga metálica utilizada esteve composta por um mix de sinter (30%), pelota (35%) e mineiro bitolado (35%). O combustível auxiliar utilizado durante toda a campanha foi gás natural a taxas de injeção de 50 a 120 kg/t.

O cadinho não apresentou o típico desgaste pata de elefante (elephant foot) mas foi do tipo panela tal como antecipou o modelo de desgaste do cadinho.

AS CAMPANHAS DO AF2

Na Tabela 1 é resumida a história das campanhas realizadas pelo AF2. Devemos salientar que em Novembro de 1992 a empresa estatal SOMISA SA foi privatizada e comprada pelo Grupo Techint.

Tabela 1. Produções das campanhas do Alto-Forno N#2

Campanha	Blow-in	Abafamento de carga	Produção
1°	15/3/1974	6/9/1976	1.674.582
2°	5/9/1977	13/10/1982	4.412.738
3°	12/6/1985	18/1/95	9.258.556
4°	13/9/1995	26/10/2006	22.703.472

Durante grande reforma realizada no período Fevereiro-Agosto 1995, o AF2 foi totalmente reformado e equipado com carcaça nova, auto-suportada (free-standing), tijolos de grafite e placas de refrigeração de cobre da rampa até o topo; instalação do topo sem cone. As principais características construtivas e as dimensões do AF2 (Figura 1), são:

Características construtivas

Dimensões:

Cadinho: 10.4 m

Volume de trabalho: 2.134 m³

Altura de trabalho: 23.9 m

Volume interno: 2.421 m³

Equipamento:

Sistema de limpeza de gás (Bishoff)

Placas de refrigeração: 1.447

Sistema de carga pelo skip

Maxima pressão de topo: 2.0kg/cm²

Ventaneiras: 27

Inclinação de ventaneiras: 6°

Furos de gusa: 2

Regeneradores: 3

Topo sem cone:

Diametro da goela: 8.0 m

Capacidade das tremonhas: 2 * 36 m³

Area de Corrida

Perfuratriz pneumática: 2

Canhao de lama: 2

Pressão hidráulica: 250 (max 300)

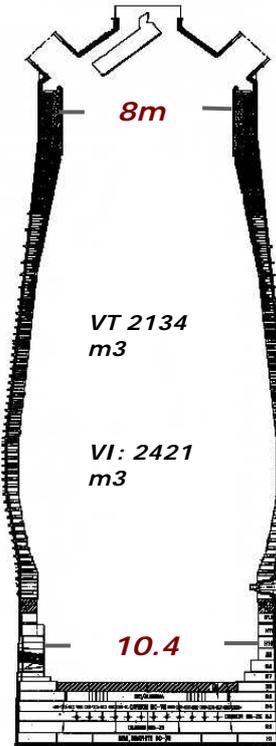


Figura 1. Dimensões AF2

O objetivo fixado para a campanha foi produzir 18 MMt com uma duração de 10 anos.

Resultados operacionais:

Os principais resultados da campanha do AF2, foram os seguintes

Duração: 11 anos e 43 dias

Produção total: 22.703.472 t

Produtividade t/m3: 9377 t/m3

Consumo de coque: 376,8 kg/t

Consumo de gás natural: 92,8 kg/t

A evolução da produtividade; o consumo de combustível e a carga utilizada na campanha são apresentados nas Figuras 2, 3 e 4.

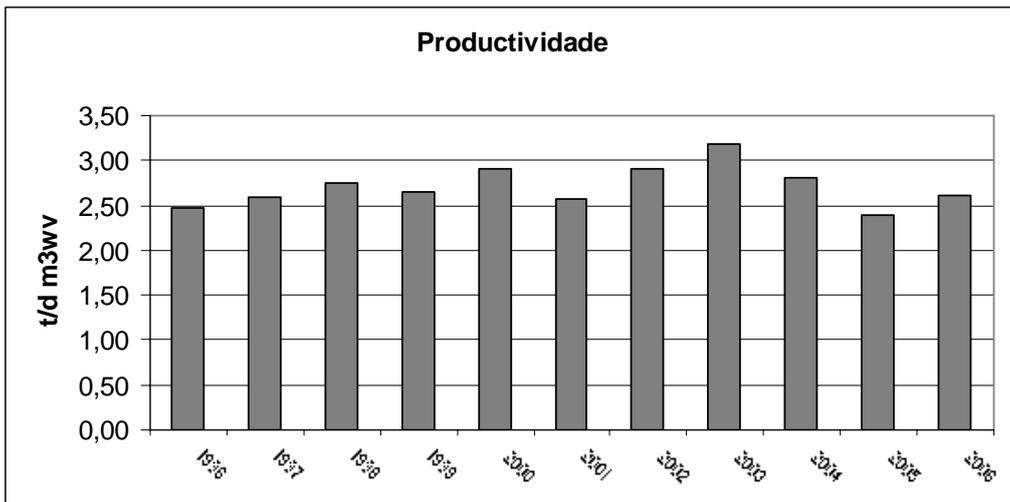


Figura 2. Produtividade

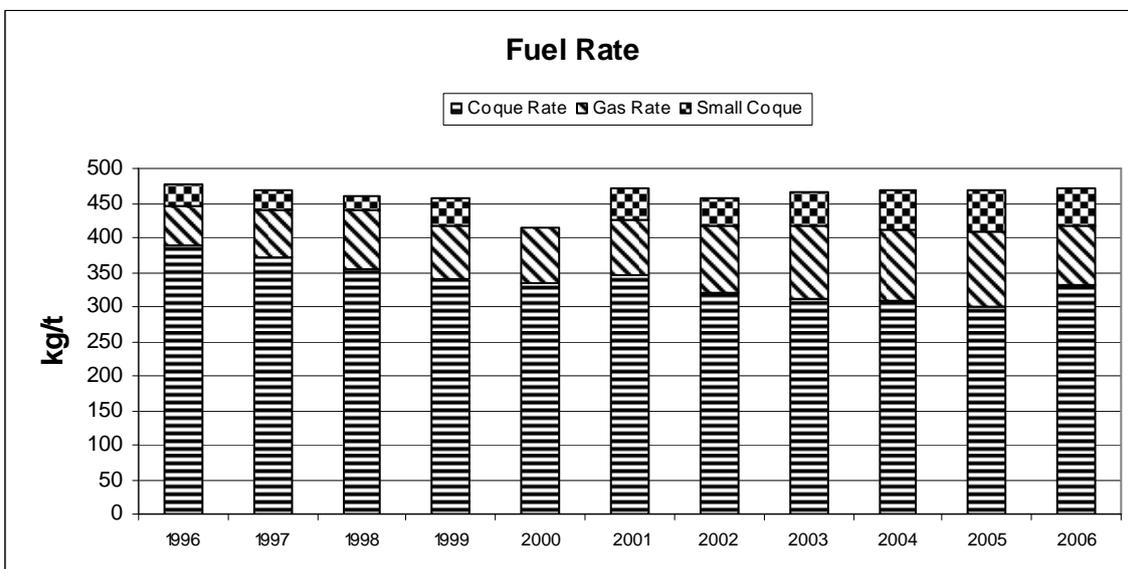


Figura 3. Consumo de combustível

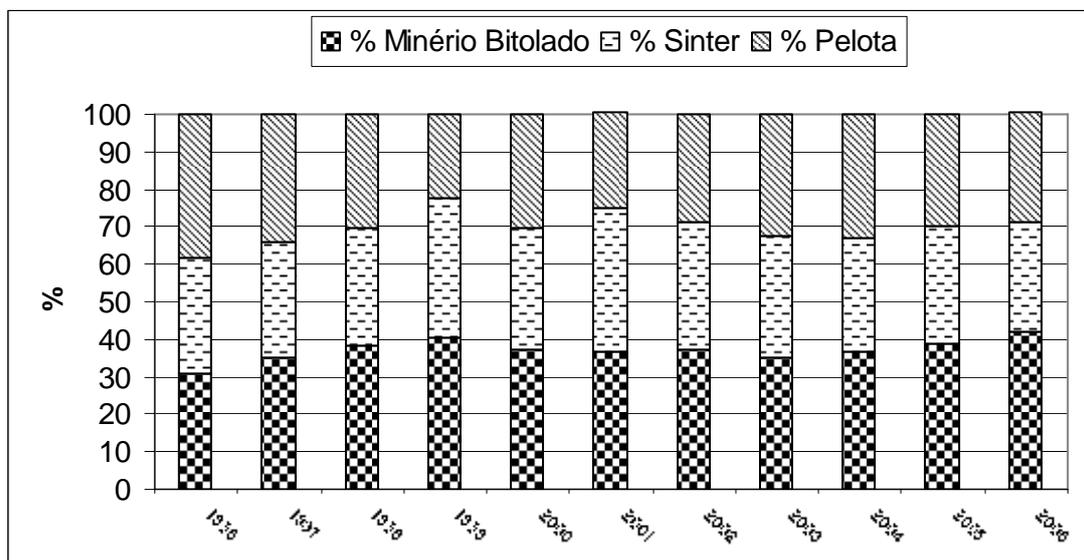


Figura 4. Carga

Destaca-se a elevada participação de mineiro bitolado no mix de carga,⁽²⁾ juntamente com o uso de elevadas taxas de injeção de gás natural.⁽³⁻⁵⁾

Os melhores resultados operacionais foram atingidos no ano 2003 e são resumidos na Tabela 2, juntamente com as principais variáveis de processo.

Tabela 2. Dados operacionais do ano 2003

Ano 2003			
Produção t/d	6615	Composição da carga	
Produtividade		Sinter %	32
t/d m3 VI	2.73	Pelota %	33
t/d m3 VT	3.11	Minério bitolado %	35
Utilização %	98	Consumo de combustível (Kg/t gusa)	
Qualidade da gusa		Coke rate kg/t HM	311
Si %	0.35	Small coke kg/t HM	51
STD %	0.06	Gas natural kg/t HM	111
		Fuel rate	473

Abafamento de carga:

Dias antes do abafamento de carga, foi reduzida a basicidade da escória e operou-se com passagem de gases pela periferia para favorecer a limpeza das paredes. O consumo de coque ficou por cima dos 400 kg/t e o Silício em 0,5 %. Dois dias antes de começar o abafamento de carga, cortou-se a injeção de gás natural e operou-se all coque

O abafamento de carga começou às 19.30 hs do dia 27/10/2006, acabando às 9.30 hs de 28/10/2006.

O controle de temperatura de topo foi realizado com bicos injetores d'água operados de forma individual sobre cada um dos up takes.

As variáveis de controle e seus respectivos valores admissíveis durante a operação de abafamento de carga foram os seguintes:

Temperatura de topo: max 350 °c

Hidrogênio: max 15 %

Oxigênio: < 0,5 %

Temperatura caixa de engrenagens : < 70 °c

Temperatura saída lavador de gases: < 65 °c

Nas Figura 5 e 6 apresentam-se a evolução do nível de sonda e a composição dos gases de topo durante o abafamento de carga

Uma vez que a pressão do AF foi inferior a 0,6 bar, foi habilitada a área de escoamento da *salamandra* para iniciar as tarefas preparatórias (área livre de CO)

O ponto de cruzamento da composição de gases foi atingida após de corridas 12 hs de operação.

A operação do abafamento de carga considerou-se terminada 14 hs depois de iniciada, quando o conteúdo de oxigênio alcançou 5 %.

Como resultado final, ficaram todos os algaravizes livres de coque até 3-3,5 m no interior do Alto-Forno.

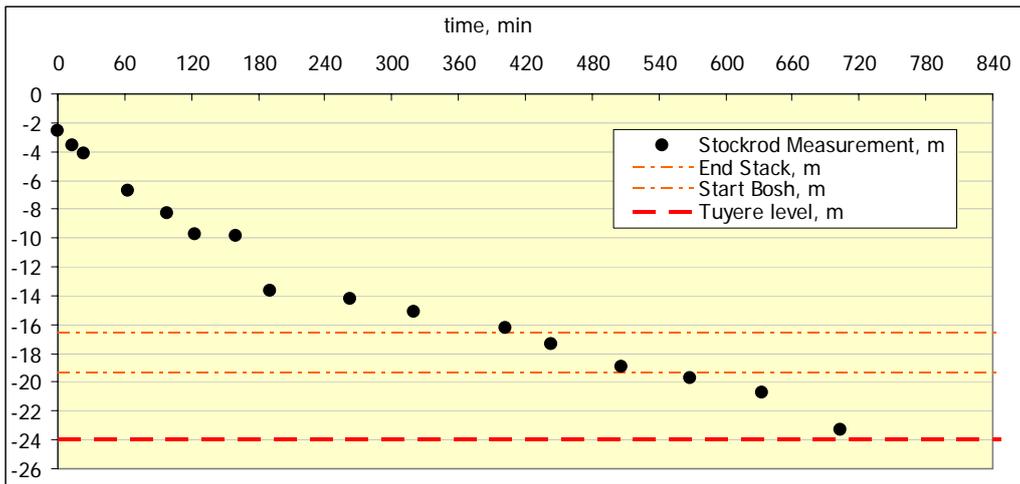


Figura 5. Abafamento de carga

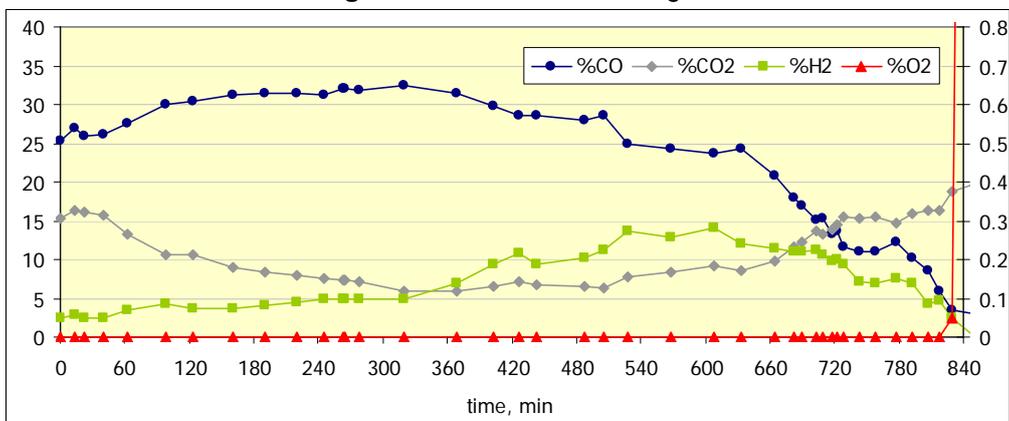


Figura 6. Composição do gás do topo durante o abafamento de carga

Salamandra:

A corrida da *salamandra* foi bem sucedido e foi atingido após 8 horas de parado o alto forno correndo 220 t de gusa.

Na figura 7 são indicados os pontos selecionados para realizar as perfurações, conforme os cálculos prévios realizados sobre a localização da isoterma de 1150 °c.

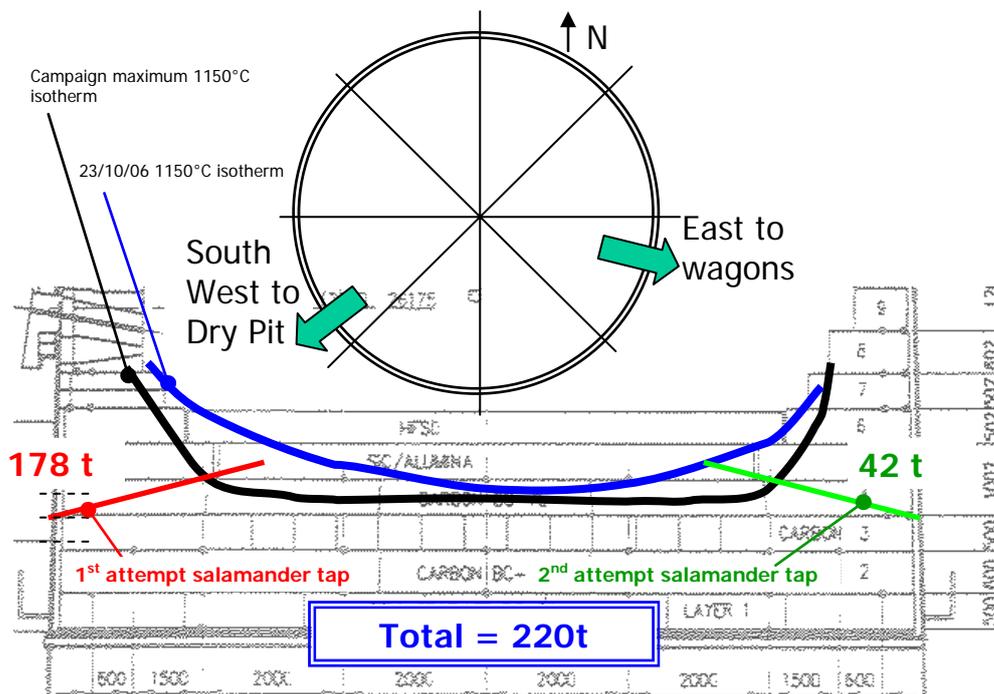


Figura 7. Pontos selecionados para realizar as perfurações

Os furos projetadas foram realizadas em três elevações a 8°, 12° e 16°.

Ambos os lados foram operados de forma independente e a maior parte da gusa foi corrida pelo lado Oeste com 178 t enquanto pelo Oeste 42 t.

Em ambos os casos foi possível escoar com uma inclinação de 12°, e durante a corrida foi presurizado o AF com N₂ a 0,5 kg/cm², para favorecer o escoamento da *salamandra*.

O esfriamento do alto-forno levou 30 hs, e depois foram iniciadas as tarefas de remoção de materiais através da abertura de uma janela na carcaça do AF.

Estado das paredes do AF:

Durante os 11 anos de campanha foi realizado o monitoramento das espessuras de parede refratária. Durante a montagem do refratário em 1995 foram colocadas barras cerâmicas de alumina de alta pureza para medir espessuras de parede durante a campanha. A durabilidade das barras cerâmicas e a confiabilidade das medições através do uso de sensores de ultrassom foram excelentes.

Na figura 8, apresenta-se a evolução do desgaste na zona da rampa; ventre e cuba media no decorrer dos 11 anos de operação.

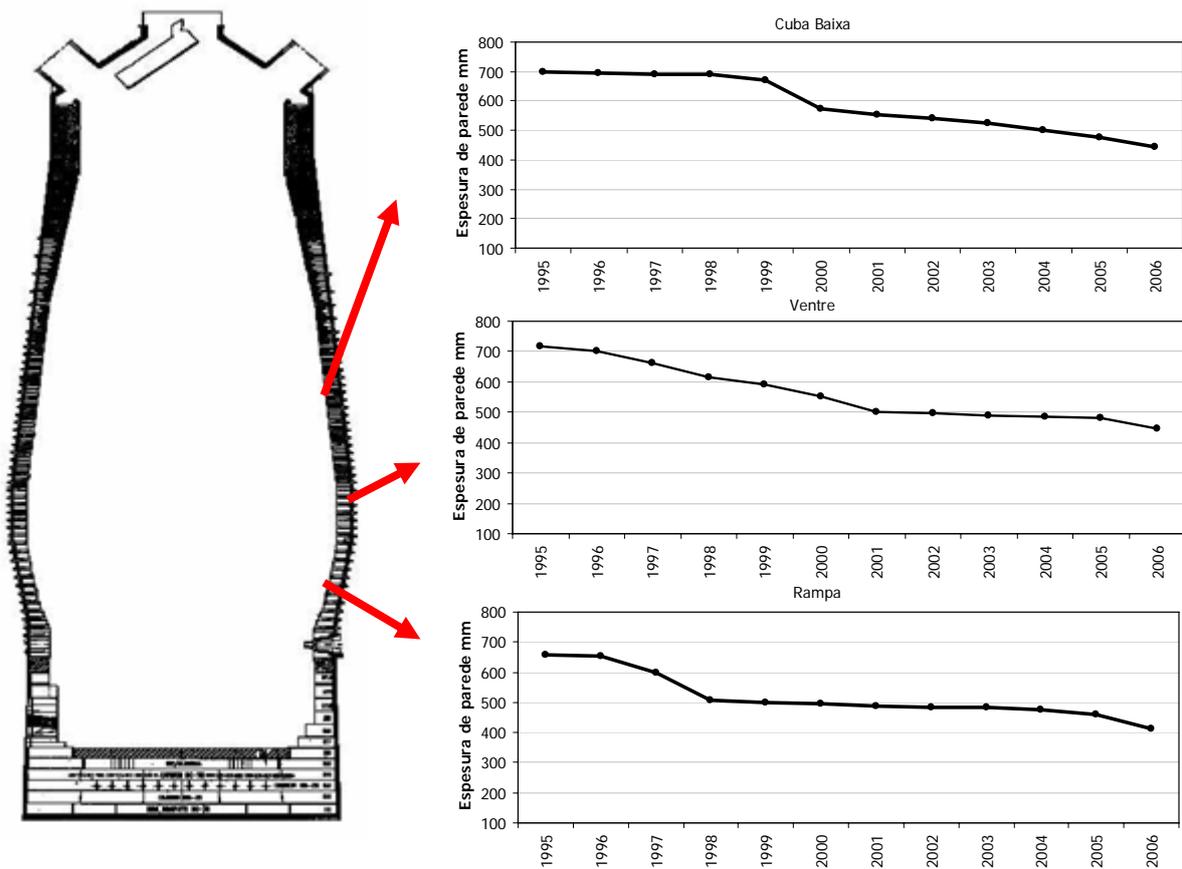


Figura 8. Desgaste da parede

Cadinho e furos de gusa:

Durante a demolição do cadinho foram inspecionadas e medidas as espessuras remanescentes das paredes e o fundo, para estabelecer a linha de desgaste.

Como fato importante destaca-se que não foi encontrado o típico desgaste pata de elefante, mas foi comprovado um pronunciado desgaste tipo panela no fundo. Este tipo de desgaste foi antecipado pela informação fornecida pelo modelo de desgaste do cadinho (FEM).⁽⁶⁾

A partir do ano 2003, começa a ser observado um importante desgaste do fundo do cadinho, como conseqüência de que o seu sistema de refrigeração não podia atender a elevada produtividade alcançada.

Na figura 9 apresenta-se o desgaste teórico isoterma de 1150°C e o real detectado durante a remoção do material remanescente no cadinho.

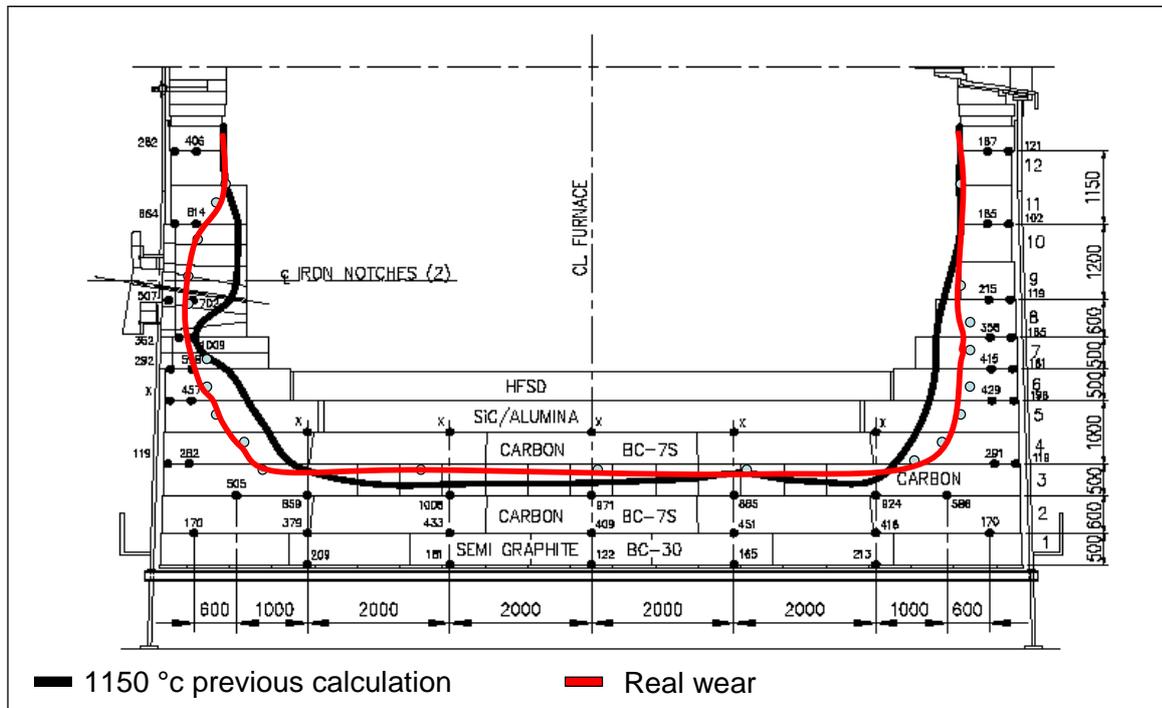


Figura 9. Desgaste do cadinho real-calculado

Furos de gusa

Na Figura 10, observa-se a evolução da temperatura dos *furos de gusa* durante a campanha do AF2. Depois das benfeitorias integradas introduzidas na operação de casas de corridas (ano 2000),⁽⁷⁾ o comportamento dos termopares foi muito estável. As ações estiveram centradas na melhora da qualidade da massa de tamponamento, e a automatização dos processos de abertura e fechamento dos furos de gusa.

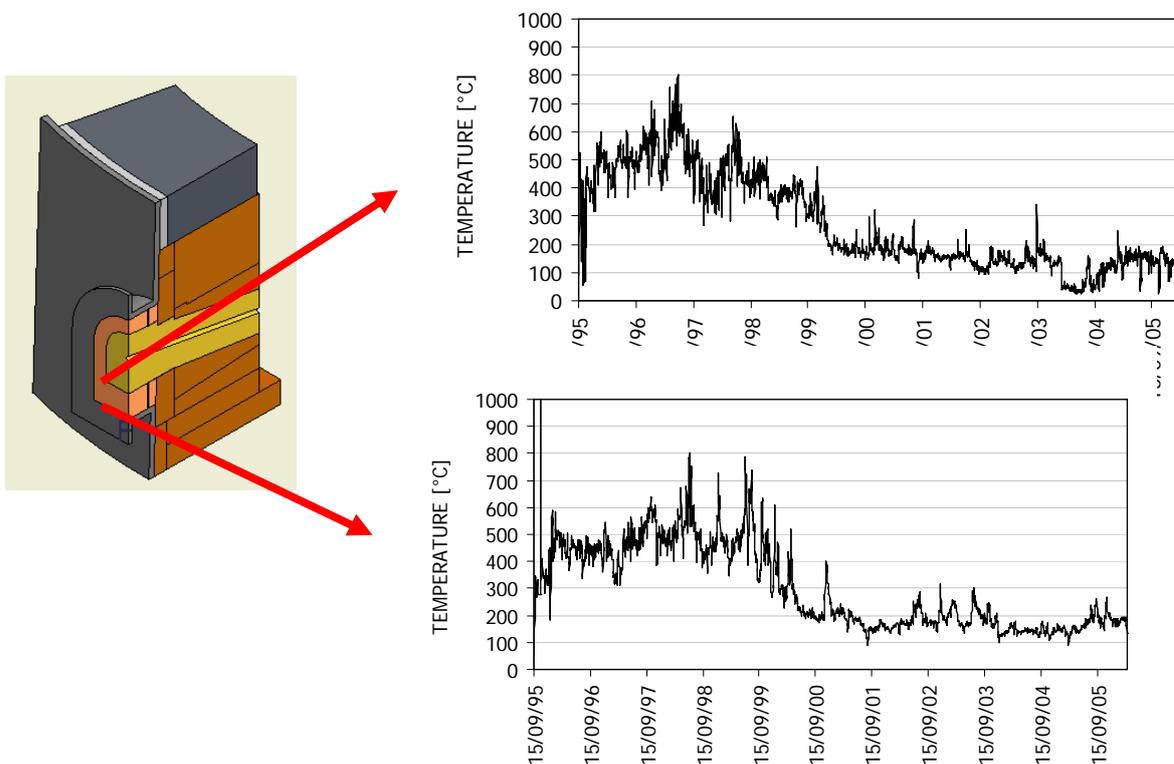


Figura 10. Temperatura dos furos de gusa na campanha

Durante a limpeza do cadinho foi comprovado que o material refratário original tinha sumido totalmente e só foi encontrado massa de taponamento perante as mesmas, como única proteção. Do antes exposto podemos concluir que a estabilidade do cogumelo construído perante os *furos de gusa* permitiu continuar operando sem inconvenientes operacionais até o final da campanha (11 anos).

Reparação futura:

A reparação prevista para a próxima campanha tem como objetivo aumentar 5 % a capacidade de produção e inclui os seguintes itens:

Aumento do volume de trabalho (300 m³) através da instalação de 5 fileiras de staves de cobre e 5 de fundição

Aumento da capacidade do sistema de carga

Aumento da capacidade do sistema lavador de gases

Instalação de refrigeração do fundo cadinho por água e aumento da distância furo de gusa á soleira (Sump) (de 1,4 m para 2,4 m)

Incorporação de nova instrumentação: sonda penetrante; Perfilômetro; sonda de impacto

CONCLUSÕES

- A campanha do alto-forno 2 de Siderar ultrapassou os objetivos requeridos pela companhia.
- A totalidade das paredes da parte baixa do alto-forno e a cuba permitiriam estender sem inconvenientes a campanha. A decisão de efetuar o grande reparo com troca dos refratários atendeu á necessidade de incrementar o volume útil de AF (através da instalação de staves) de modo aumentar o ritmo de produção da Empresa.
- Apesar de que os *furos de gusa* mostraram-se estáveis até o final da campanha, é provável que uma extensão da mesma necessitasse de uma parada para realizar a reconstituição dos *furos de gusa*.
- Ainda levando em conta que o cadinho apresentava um importante desgaste no fundo, a campanha poderia ter sido estendida. A decisão de parar o alto-forno para realizar a reparação maior, respondeu a uma oportunidade em relação aos futuros planos de expansão da companhia.

Agradecimentos

Os autores agradecem o valioso apoio recebido do Departamento de Engenharia durante os 11 anos de operação do AF2, e em especial aos engenheiros Norberto Gonzalez; Jorge Brianza e Germán Catalá.

Dedicamos o trabalho aos operadores e supervisores de operação e manutenção, pelo compromisso demonstrado e os excelentes resultados obtidos durante a campanha do AF2.

REFERÊNCIAS

- 1 F:Giandoménico;O. Lingiardi; M.Geerdes;L:M Gonzalez. Start up and optimization of Siderar´s #2 Blast furnace. AISE,Chicago USA, Setiembre 1996.

- 2 Burrai, F. Giandoménico; O. Linguardi; C. Partemio; P. Etchevarne; J. M. Gonzalez. Extensive Use of Lump Ore at Siderar's BF 2. ISS Ironmaking Conference Proceeding. Toronto Canada, March 1998.
- 3 O. Linguardi; O. Burrai; C. Gomez Fuentealba; P. Etchevarne; J. M. Gonzalez Natural Gas Injection at Siderar BF 2. ISS Conference Proceedings Chicago Usa, March 1999.
- 4 O. Linguardi, O. Burrai; C. Partemio; F. Giandoménico; P. Etchevarne; J. M. Gonzalez High Productivity and Coke Rate Reduction at Siderar BF N°2; 1st International Meeting on Ironmaking, September 24th to 26th, 2001 – Belo Horizonte / MB – Brasil.
- 5 O. Linguardi, R. Musante, E. Velo, C. Gómez Fuentealba, F. Giandoménico, R. Ametrano. Siderar. J. Agarwal, F. Brown, M. Loreth CRA Internacional Usa
- 6 Injection of Natural Gas at High Rates into Blast Furnaces No 1 and 2 at Siderar S.A.I.C. with Low Productivity Levels. IAS - 5th Ironmaking Conference. San Nicolas, Argentina, November 2005.
- 7 O. Linguardi; J. Zubimendi, E. Velo, R. Ametrano, F. Giandoménico, N. Gonzalez erto. Hearth wearing in Siderar Blast Furnace 2. 5th ECIC European Congress. Stockholm Sweden. June 12 2005.
- 8 O. Linguardi; O. Gomez; S. Cameli; D. Beltran. Area de Corrida: um Ponto Critico para a Operação do Alto Forno. Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias Primas / IV Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro, 9 a 12 de Setembro 2003, Ouro Preto MG, Brasil.