

# REFORMA PARCIAL NA CUBA DO ALTO FORNO II DA V&M DO BRASIL COM UTILIZAÇÃO DE CONCRETO SEM CIMENTO<sup>1</sup>

Marcelio Maximiano Gonçalves Junior<sup>2</sup>  
Christiano Gomes de Paula<sup>2</sup>  
Jadir das Graças Cruz<sup>3</sup>

## Resumo

Na última Grande reforma do AF2, iniciada em maio de 2008, onde foram realizados vários investimentos tecnológicos no equipamento, sendo que no revestimento refratário além da nova distribuição de termopares na carcaça do alto-forno também foram instaladas hastes cerâmicas, material este de composição de alta concentração de alumina, tendo como conceito básico densidade elevada, propiciando a propagação do som no material, permitido assim, monitoramento por ultra-som de maneira periódica. Este novo dispositivo permitiu monitoramento do desgaste do revestimento refratário de maneira diferenciada, identificando assim, a necessidade de duas paradas, planejadas, para reparo por Shotcreating. O projeto atual é dimensionado para uma vida útil de oito anos. Em janeiro de 2013, o reator passou pelo seu segundo reparo intermediário. Com sua primeira intervenção realizada em dezembro de 2010, sendo aplicado concreto baixo cimento utilizando a tecnologia de aplicação via *shotcreating*. A partir dos resultados obtidos deste reparo monitorados pelas as hastes cerâmicas e a detecção da queda de algumas fiadas de tijolos da cuba, foi planejado um novo reparo intermediário com alteração da proposta anterior. Ou seja, o mesmo conceito de aplicação, porém, alterando o tipo de material, utilizando um concreto com tecnologia sem cimento tendo como principal foco, maior durabilidade, uma vez que este não contém água quimicamente ligada na matriz devido a não presença de cimentos de aluminatos de cálcio. A reparação foi precedida de abaixamento da coluna de carga, sem drenagem da salamandra, confecção de uma rolha para isolamento do cadinho, aplicação de massa carbonosa para proteção dos blocos de carbono na região de drenagem.

**Palavras-chave:** *Shotcreating*; Planejamento de parada; Reforma parcial.

## PARTIAL REFORM IN THE STACK BF2 USING CONCRETE WITHOUT CEMENTS

### Abstract

In the last reform of the BF2, which began in May 2008, that was made several investments in technological equipment and in the refractory lining in addition to the new distribution of thermocouples in the furnace shell also were installed ceramic rods, material compound of the high alumina concentration, with the basic concept of high density, providing the propagation of sound in the material, thus enabling, the control by ultrasound of the periodic manner. This new device allowed monitoring the wear of the refractory lining in a different way, thus identifying the need for two break-down planned for repair by Shotcreating. The current project is dimensioned for a useful life of eight years. In January 2013, the reactor passed for its second intermediate repair. With his first intervention made in December 2010, applied low cement concrete using technology application via shotcreating. From the results of this repair monitored by ceramic rods and the detection of the fall of some rows of bricks from the stack, a new intermediate repair was planned with change of the previous proposal. That is, using the same application concept, however, changing the type of material to be used using a concrete technology without cement with the primary focus in durability, since it contains no water chemically bound in the matrix due to not presence of calcium aluminate cements. The repair was preceded by lowering the column charge, without draining the salamander, making a cork for isolation of the hearth, mass carbonaceous application for protection of carbon blocks in drainage region.

**Key words:** Shotcreating; Planning to stop; Partial reform; Lining.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 43º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 14º Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 1º Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 1 a 4 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.

<sup>2</sup> Técnico Metalúrgico, Supervisor de Produção da Gerência de Matérias Primas e Produção de Ferro Gusa, V&M do Brasil, Belo horizonte, Brasil.

<sup>3</sup> Técnico Metalúrgico, Coordenador Técnico da Gerência de Matérias Primas e Produção de Ferro Gusa, V&M do Brasil, Belo Horizonte, Brasil.

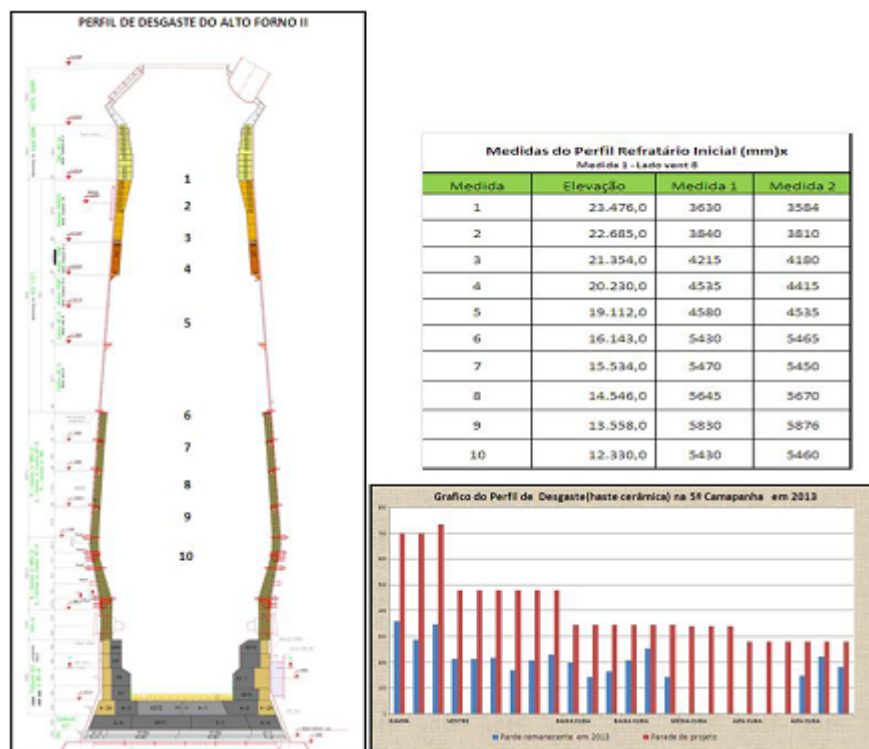
# 1 INTRODUÇÃO

Foi realizado entre os dias 7/1/13 e 19/1/13 a segunda grande parada da 5ª campanha do Alto Forno II para reparo em seu revestimento refratário. A Parada foi necessária devido a perda localizada do revestimento refratário na região da Cuba, constatado através do monitoramento realizado por hastes cerâmicas e pirômetros localizados nesta região. Como consequência, houve perda de tijolos Carbox AF-S e 11 fiadas do revestimento Alukor 65 na média cuba do reator.

Este reator é um projeto de 1986 de volume útil de 249 m<sup>3</sup>, diâmetro de cadinho de 3,5 m e goela de 3,5 m, 10 ventaneiras de 110 mm de diâmetro de bico.

Vale ressaltar que esta campanha se diferenciou das demais devido ao acelerado desgaste do revestimento refratário, o que antecipou um projeto de reparo no ano 2013 conceituando a partir do eixo de ventaneira até a cuba.

A Figura 1 mostra o perfil levantado durante a obra de reparação, confirmando o mapeamento realizado.



**Figura 1.** Perfil de desgaste do Alto Forno 2 em janeiro de 2013 pela medida física da parede nos pontos das hastes cerâmicas.

## 2 DETALHES DA OCORRÊNCIA

O Planejamento deste reparo iniciou-se a partir da contínua monitoração, onde foi detectado um desgaste acentuado do revestimento refratário. Esta monitoração realizada através de ultra-som nas hastes cerâmicas evidenciou situações críticas nos níveis da alta e média cuba.

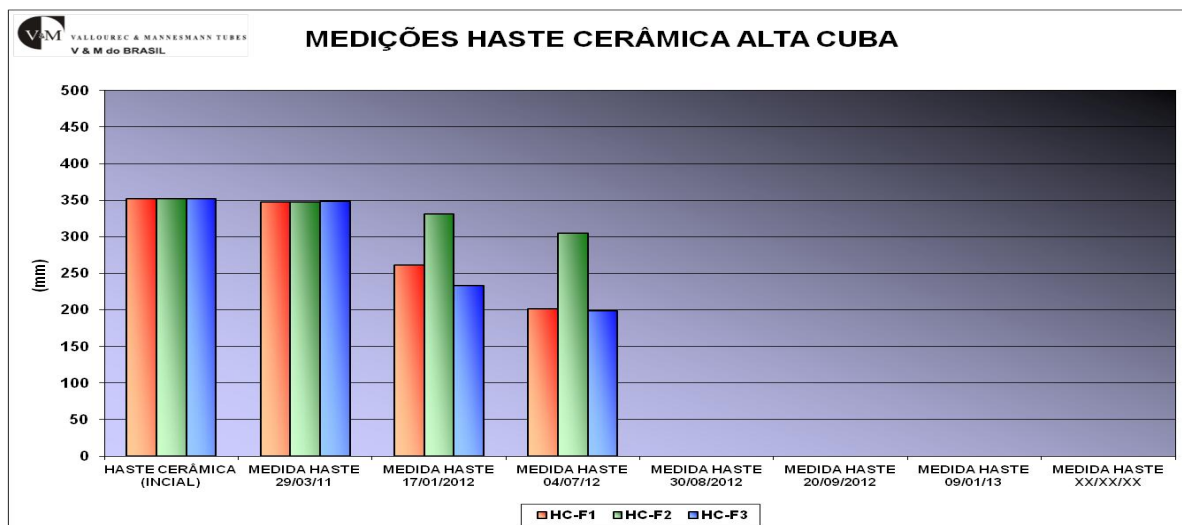
Outra fonte que confirmou o desgaste foi a perda, a partir do mês junho de 2012 de vários pirômetros de profundidade do nível 12 (elevação 18535 mm). Porém, a definição de quando realizar um reparo somente se concretizou na parada programada (5 dias) realizada em agosto de 2012, quando foi aberta uma janela localizada na plataforma 4 (elevação 22508 mm), observando então, que boa

parte do revestimento refratário da média Cuba do alto-forno havia se desprendido. Conforme ilustra Figuras 2 e 3.

No intuito de preservar a integridade da chaparia do alto-forno, desde a sua religada em agosto de 2012 até a realização do reparo, a operação foi no sentido da ativação de marcha central e reforço na refrigeração da carcaça na região atingida.



**Figura 2.** Evidência da chaparia exposta através da inspeção realizada em 27/08/2012 durante a atividade de manutenção do cone.



**Figura 3.** Monitoramento da elevação nível F elevação 18835 mm, onde foi constatada a inexistência de hastes de parede.

Importante destacar que as hastes cerâmicas têm durabilidade equivalente à campanha entre reparos. Sendo assim, necessária a reposição destas a cada manutenção.

### 3 PLANEJAMENTO DA PARADA PARA REPARAÇÃO DEFINITIVA

O plano para a recuperação das regiões reparada iniciou-se com a consulta ao mercado de materiais para projeção por Shotcreting que se adequasse ao cronograma de obra, ou seja, aplicação e tempo de secagem.

Após avaliação técnica das propostas dos fornecedores, definiu-se pelo material de tecnologia sem cimento tendo como principal foco, maior durabilidade, uma vez que este não contém água quimicamente ligada na matriz devido a não presença de cimentos de aluminatos de cálcio, permitindo assim, uma curva de secagem de baixa exigência com tempos adequados ao cronograma.

As etapas macro conceituavam-se, em:

- abaixamento de carga;
- desmontagem dos conjuntos de sopro
- remoção da carga residual pelos orifícios das ventaneiras;
- construção de rolha sobre carga com extratores de gases;
- limpeza sobre o revestimento remanescente;
- montagem de plataforma móvel no interior do forno;
- montagem de fôrma metálica no eixo de ventaneira para aplicação do concreto por vertimento;
- projeção de concreto por shotcreting nos níveis de rama, ventre e cuba;
- reposição de termopares; e
- remoção da carga do cadinho, após demolição e remoção da rolha e aplicação de massa plástica a base de carbono na face quente dos blocos de carbonos na região de furo de gusa.

#### **4 PARADA PREPARATÓRIA**

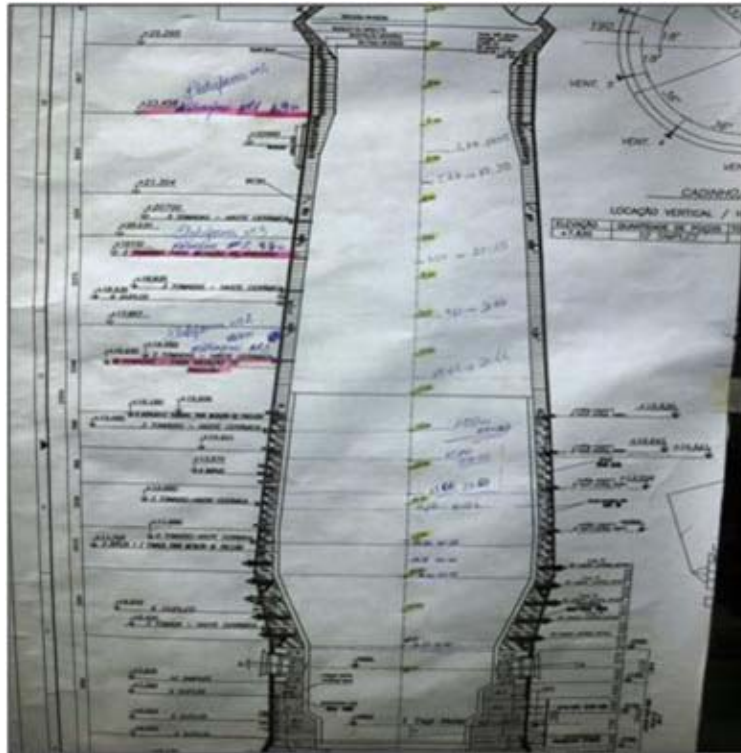
Foi realizada uma parada preparatória 10 dias antes do início da grande parada, para manutenção de equipamentos essenciais a operação de abaixamento de carga, visando reduzir os riscos de insucesso desta operação. Foram priorizadas as revisões dos bicos sprays de água do topo e dos bleeders, dos bicos injetores de nitrogênio no corpo do alto-forno e vapor do topo e do sistema de lavagem dos gases, bem como, as tomadas de medição da pressão ao longo do alto-forno. Foram alterados os cursos das sondas para acompanhamento do nível de carga, e inseridos novos analisadores de gás de topo e oxigênio, além de revisão no hidrômetro de água do topo.

##### **4.1 Abaixamento da Coluna de Carga**

Pela definição, é denominado abaixamento de carga a operação de interromper o carregamento do Alto-Forno com a carga no nível do stock line (2,8 m), deixando a carga ser consumida até o eixo de ventaneiras (18,8 m de stock line) para o posterior desligamento do reator.

É a tarefa mais importante para este tipo de reparo, pois o bom andamento de toda grande parada, bem como o cumprimento do cronograma, dependem da qualidade e segurança do abaixamento.

Todo abaixamento de carga foi monitorado conforme Figura 4 iniciando-se às 19:15 horas do dia 6/1/13 com a interrupção do carregamento no nível de stock line e teve fim às 04:30 do dia 7/1/13 horas com a desligada do Alto-Forno, com a sonda em 18,4 metros.



**Figura 4.** Acompanhamento da descida de carga pelo desenho de projeto.

Durante sua execução, foi lançado dentro do Alto-Forno um volume de aproximadamente 50 m<sup>3</sup> de água através dos sprays do topo, objetivando garantir o controle das temperaturas dos gases entre 200 e 350°C.

#### **4.2 Remoção da Carga para Preparação da Rolha**

Com a antecipação de 2,5 horas no horário previsto para o desligamento, as atividades de remoção de carga tiveram início às 11 horas. Porém, o nivelamento de carga terminou com 11 horas de atraso, uma vez que o objetivo era atingir 940 mm abaixo do eixo da ventaneira ficando todo o bloco G4A exposto para início de montagem da rolha refratária. Neste nível tivemos maior dificuldade em função dos cortes dos blocos de gusa, escoria envolvida com carga com lança de oxigênio.



**Figura 5.** Tijolos de carbetos na região das ventaneiras. Remanescentes do reparo de 2010.

Nota-se na Figura 5, que parte do revestimento aplicado em 2010, em substituição ao bloco de carbono (projeto original), na face quente ainda permanecia em bom estado em algumas regiões do eixo de ventaneiras. Na montagem foram utilizadas peças moldadas com carbetão de silício (SiC-mix G/SiC 8h) fornecido pela Paul Wurth.

### 4.3 Preparação da Rolha

Com o término do nivelamento da carga, iniciou-se a montagem da rolha que tem como objetivo, dar segurança para a execução da obra eliminando a presença do monóxido de carbono gerado pela carga residual existente no cadinho e como conforto térmico por possuir uma estrutura isolante. Este sistema de vedação é constituído de nivelamento da carga utilizando minério granulado, montagem de um tubo extrator de gases, montagem de mantas de fibra cerâmica sobre a carga de minério e tubo extrator, montagem de chapa metálica sobre manta e aplicação de concreto isolante. A Figuras 6 ilustra duas destas etapas.



Figura 6. Montagem da rolha e conclusão.

## 5 REPARAÇÃO DO REVESTIMENTO REFRAATÁRIO

### 5.1 Reparo Casa de Ventaneiras, Aplicação por Bombeamento

O conceito de reparação se iniciou pela limpeza e preparação dos blocos remanescentes no eixo de ventaneiras, com o objetivo de garantir uma base estrutural para o novo revestimento, iniciando no bloco G4A a 940 mm abaixo do centro da ventaneira.

Na sequência iniciou-se a montagem da fôrma metálica (Figuras 7 e 8) e aplicação de um concreto sem cimento na forma vertida.



Figura 7. Fôrma montada para bombeamento do concreto.

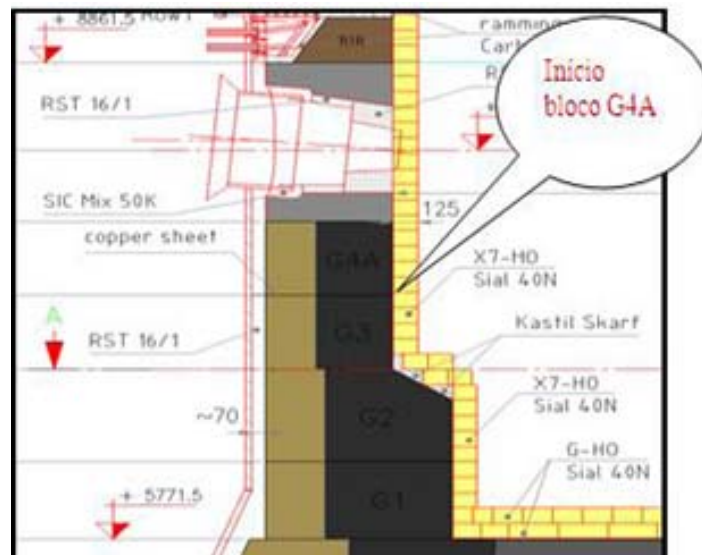


Figura 8. Projeto identificando o início do bloco G4A.

Por se tratar de um material de fluência livre, o concreto foi “apenas” bombeado na região de ventaneiras, sem a necessidade de vibrar, conforme instruções do fornecedor totalizando 25 toneladas de material aplicado.

## 5.2 Reparo Rampa, Ventre e Cuba por *Shotcreting*

O reparo na região de rampa, ventre e cuba foram realizados por projeção via *Shotcreting*. A princípio foi adquirido um total de 80 toneladas de concreto, sendo 60 toneladas de concreto com carbetto, mesma composição do material aplicado na região de ventaneira, porém projetável por utilizar um acelerador de pega e 20 toneladas do concreto sem carbetto para utilização na alta cuba, material, aluminoso sem carbetto de silício. Porém, como o desgaste no revestimento remanescente foi maior do que o previsto houve a necessidade de adquirir mais 60 toneladas de concreto convencional baixo cimento. Está necessidade extra se deu ao fato de que a extensão prevista antes da parada era menor. Na Figura 9, mapa com a distribuição da aplicação dos materiais no alto-forno.

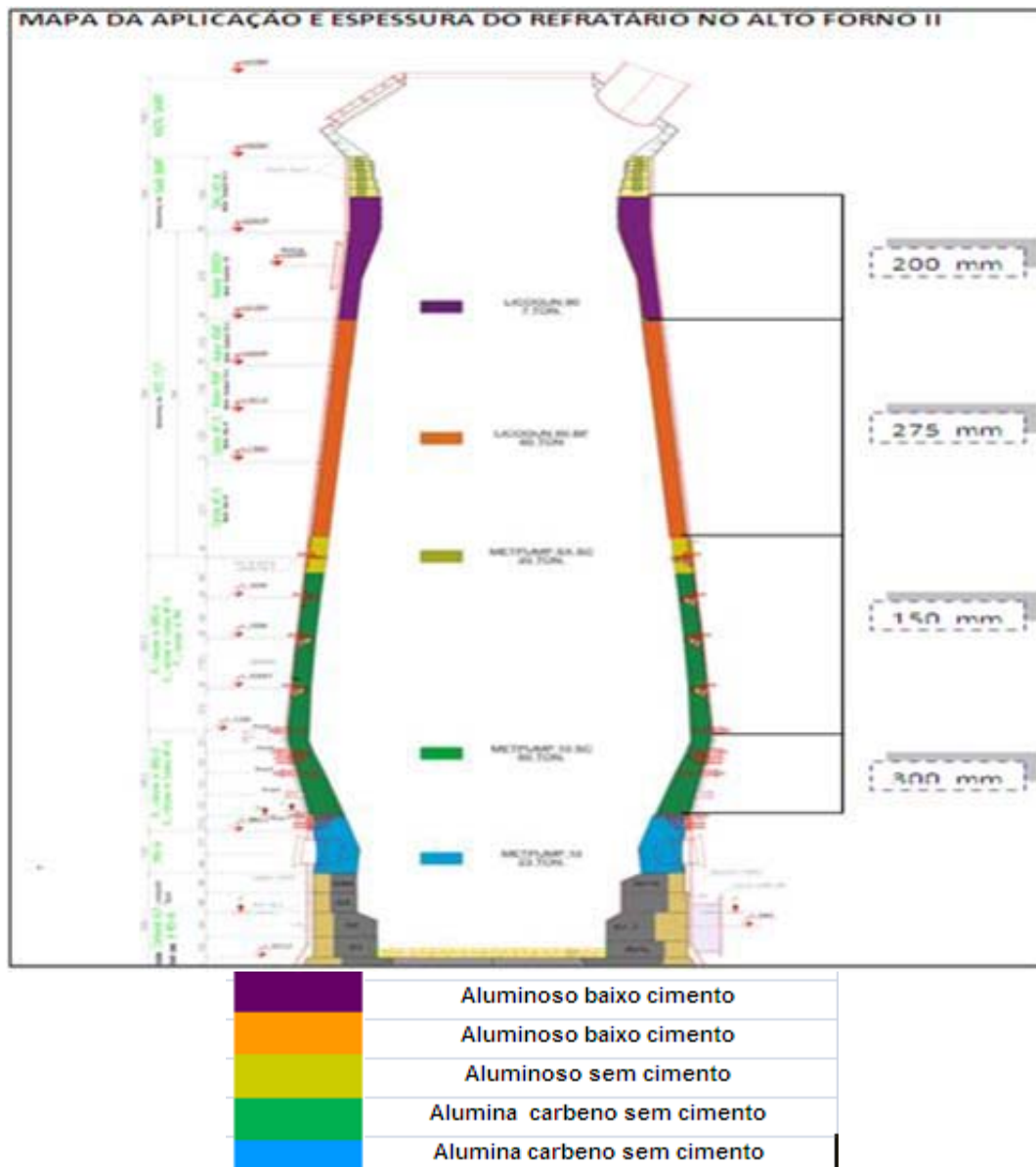


Figura 9. Medições do refratário após a aplicação de refratário.

Na alta cuba, foi utilizado o material Licogun 90 (safran), material este que se encontrava em nosso estoque.

### 5.3 Inspeção e Aplicação de Massa nos Blocos na Região de Furo de Corrida

Outra atividade prevista no cronograma da obra era uma inspeção nas condições de trabalho dos blocos na região do furo de corrida e aplicação de uma massa plástica com socador pneumático. Foi constatada na inspeção dos blocos, uma extensão do comprimento de furo de 1400 mm, ou seja, um desgaste de 400 mm ao longo de sua campanha (1800 mm de projeto). A reconstituição (Figuras 10 a 12), foi realizada objetivando um comprimento do furo em 1900 mm, sendo sustentado durante a marcha do forno pela massa de tamponamento com a formação do cogumelo.





**Figura 10.** Serviço de limpeza.



**Figura 11.** Inspeção dos blocos.



**Figura 12.** Aplicação da massa de socar na região de furo.

## **6 CONCLUSÕES**

O reparo permitiu a continuidade da campanha atual do revestimento do alto-forno 2. A opção de se fazer reparo com concreto sem cimento permitiu melhorar a qualidade na aplicação do material na região dos blocos do “cadinho”. A curva de secagem foi cumprida dentro do planejado sem qualquer registro de reação contrária do tipo trinca ou explosão durante a remoção da água no composto ligante do concreto (gel). A figura abaixo evidência o monitoramento da região realizada em março 2013, onde constatamos a permanência da parede na região. Até o momento, 5 meses de operação, acreditamos em uma durabilidade maior do revestimento aplicado em relação às últimas reparações realizadas.



Figura 13. Monitoração da haste cerâmica após reparação.

## Agradecimentos

A todos aqueles que nos incentivaram e, que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho, os nossos mais sinceros agradecimentos.

## REFERÊNCIAS

- 1 Planos e relatórios técnicos de reforma dos altos-fornos da V & M do BRASIL.