

REFORMA E MELHORIAS NO GASÔMETRO TIPO KLONNE DA ARCELORMITTAL TUBARÃO¹

Caio Henrique Vidigal²
Rogélio Dias³
José Roberto de Melo⁴

Resumo

Na área de distribuição de gases de uma usina siderúrgica, o Gasômetro é um equipamento de fundamental importância para o aproveitamento dos gases gerados no processo. Na rede de recuperação e distribuição de Gás de Alto Forno da ArcelorMittal Tubarão, existe um gasômetro tipo Klonne em operação há 28 anos com a finalidade de manter a estabilidade da pressão da rede e otimizar a recuperação deste gás. Devido ao fim de vida útil da selagem do equipamento, em 2010 foi realizada uma grande parada com duração de 82 dias para substituição desta selagem. Nesta oportunidade foi realizada também a instalação de um sistema de nivelamento do pistão por contra pesos, visando interromper a evolução de deformações nas chapas do costado resultantes de esforços excessivos causados pela operação do sistema de nivelamento original. Além disso, foi realizada a modernização da medição de volume do gasômetro e a instalação de uma medição online de inclinação do pistão. As modificações mecânicas realizadas associadas à melhoria das monitorações objetivaram aumentar a confiabilidade operacional e a vida útil do equipamento, além de garantir a segurança das pessoas em sua operação na Área de Energia da ArcelorMittal Tubarão.

Palavras-Chave: Reforma; Gasômetro; Klonne.

REVAMP AND IMPROVEMENT IN THE ARCELORMITTAL TUBARÃO KLONNE GASHOLDER

Abstract

In the gas distribution area of a Steel Plant, the gasholder is a very important equipment for the use of gases generated in the process. In the Blast Furnace Gas Recovery and Distribution System of ArcelorMittal Tubarão there is a Klonne gasholder in operation for 28 years in order to maintain the line pressure stability and to optimize this gas recovery. Due to the end of useful life of the gasholder seal, an 82 days long programmed shutdown was performed in 2010 to replace this seal. In this opportunity, a new piston leveling system based on counterweights was also installed aiming to stop the evolution of side shell deformations originated from excessive strains caused by the operation of the original leveling system. In Addition, the modernization of the volume measurement system and the installation of an online piston tilt measurement system were carried out. The mechanical activities associated with the measurements upgrade aimed to improve the operational reliability and the useful life of the gasholder, besides to ensure people's safety in its operation at Energy Area of ArcelorMittal Tubarão.

Key words: Revamp; Gasholder; Klonne.

¹ Contribuição técnica ao 32º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 26º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 16 a 19 de agosto de 2011, Salvador, BA.

² Engenheiro de Controle e Automação (UFMG, 2004) e Especialista de Manutenção Eletroeletrônica da Área de Energia da ArcelorMittal Tubarão, Vitória/ ES.

³ Engenheiro Mecânico (UFES, 2007) e Especialista de Manutenção Mecânica da ArcelorMittal Tubarão, Vitória/ ES.

⁴ Administrador (Novo Milênio, 2003) e Supervisor de Operação do Centro de Utilidades da ArcelorMittal Tubarão, Vitória/ ES.

1 INTRODUÇÃO

Em uma usina siderúrgica são gerados gases como co-produtos em diversas fases da produção do aço, os quais são reutilizados como combustíveis em outros pontos do processo. Visando viabilizar e otimizar este consumo, é integrado um gasômetro à linha de distribuição.

Neste trabalho é descrita uma grande intervenção realizada no gasômetro de Gás de Alto Forno da ArcelorMittal Tubarão, visando à eliminação de problemas detectados em inspeções anteriores e o prolongamento da vida útil do equipamento.

No item 2, o trabalho é contextualizado, com a apresentação da ArcelorMittal Tubarão e, mais especificamente, da Área de Distribuição de Energia, responsável pela operação dos equipamentos que formam o Sistema de Distribuição de BFG. Este sistema é explorado a seguir, sendo focado o gasômetro de BFG.

No item 3 é apresentado um breve histórico das manutenções executadas neste gasômetro e, em seguida, é introduzida, já no item 4, a grande parada realizada de novembro de 2010 a janeiro de 2011. Neste item são descritas em detalhes as principais atividades realizadas nesta parada.

Adiante, no item 5, é realizado um balanço geral da parada, com os principais pontos de destaque e os desafios enfrentados. O item 6 fecha o artigo, com a conclusão do trabalho.

2 CONTEXTO PARA O DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

2.1 A Arcelormittal Tubarão

A ArcelorMittal Tubarão está estrategicamente localizada na região da Grande Vitória, no Espírito Santo, conta com cerca de 4.500 funcionários para uma produção anual em torno de 7,5 milhões de toneladas de aço. Possui uma área total de 13,5 milhões de metros quadrados, sendo 7 milhões de metros quadrados ocupados pela Usina. A Companhia é servida por uma bem aparelhada malha rodo-ferroviária: Estrada de Ferro Vitória-Minas e Ferrovia Centro - Atlântica e Rodovias BR - 101 e BR - 262. Também é ligada a um excelente complexo portuário, contando com o Porto de Praia Mole e com o Terminal de Barcaças Oceânicas. Essa infra-estrutura favorece o recebimento das principais matérias-primas e insumos – principalmente minério de ferro e carvão mineral – e facilita o escoamento dos seus produtos.

Na Figura 1 é mostrado o fluxo produtivo simplificado da usina, partindo das matérias-primas, passando pelas diversas etapas do processo e chegando aos produtos finais cuja proporção está definida em 4 milhões de toneladas por ano de bobinas e 3,5 milhões de toneladas por ano de placas.

2.2A Área de Distribuição de Energia

A área de Distribuição de Energia é responsável pelo recebimento/distribuição da energia elétrica gerada nas Centrais Termoelétricas, pela captação/tratamento e distribuição de toda a água utilizada na usina (água industrial, água potável, água desmineralizada e água do mar) e também responsável pelo Recebimento e Distribuição dos gases combustíveis – COG, LDG e BFG, os quais são gerados ao longo do processo produtivo da usina, sendo estes utilizados para a geração de energia elétrica (queima nas caldeiras das Centrais Termoelétricas), e para geração de energia térmica, quando queimado em fornos de reaquecimento e equipamentos específicos nos processos produtivos da usina.

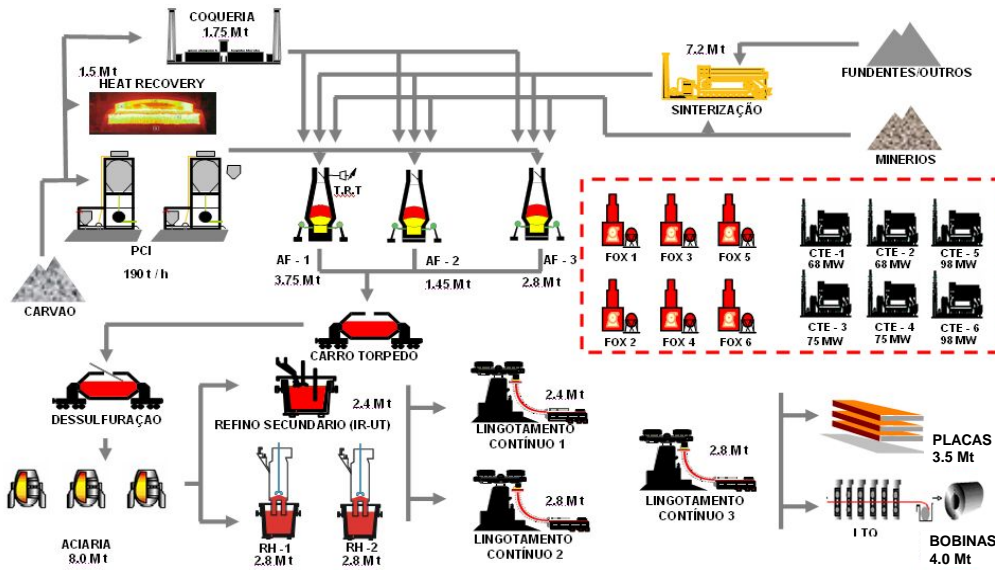


Figura 1. Fluxo Produtivo da ArcelorMittal Tubarão.

O COG, um gás com alto poder calorífico, é gerado nas baterias durante o processo de coqueificação do carvão mineral, o LDG é produzido/recuperado na Aciaria, e o BFG é gerado durante o processo de redução do minério nos Altos Fornos. Destes três gases combustíveis gerados, o BFG é o de maior volume, com uma geração de cerca de 1.300 NDam³/h, daí sua grande importância no modelo energético da usina. Para que a Área de Distribuição de Energia possa manter o atendimento aos seus clientes e garantir sua continuidade operacional, é necessário que todo o Sistema de BFG esteja em perfeitas condições operacionais.

2.3.0 Sistema de BFG

O Sistema de BFG compreende todos os equipamentos e tubulações utilizados para o recebimento do gás dos Altos Fornos e para sua distribuição aos diversos consumidores da Usina. Na Figura 2 são apresentadas as áreas produtoras e consumidores do BFG.

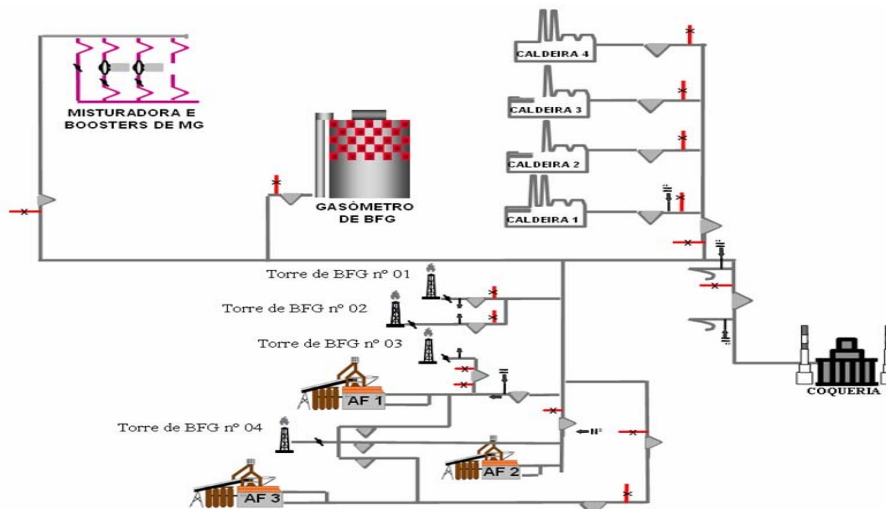


Figura 2. Fluxograma da Distribuição de BFG na ArcelorMittal Tubarão.

Dentre os equipamentos do sistema de BFG destaca-se o gasômetro, com capacidade de 150.000 Nm³ e pressão de trabalho de 600 mmH₂O. Este gasômetro é do tipo Klonne, com selagem a graxa e está em operação desde novembro de 1983. No próximo tópico ele é apresentado em maiores detalhes.

2.4.0 Gasômetro de BFG tipo Klonne

Basicamente, os Gasômetros tipo Klonne operam por um princípio de deslocamento de um pistão dentro de um tanque cilíndrico, com um selo de borracha lubrificado com graxa ao seu redor para assegurar a estanqueidade do conjunto, conforme detalhado na Figura 3. Todo o conjunto é pressionado contra o costado por contra pesos internos. A graxa passa para a parte inferior do selo e se acumula no fundo do gasômetro.

O pistão se desloca verticalmente de acordo com o volume interno de gás estocado. O nivelamento do pistão é obtido pela pressão contra o costado exercida por rolos-guia instalados na parte superior e inferior da estrutura do pistão. Ao longo dos anos, a pressão exercida pelos rolos provoca deformações crescentes no costado, o que reduz a capacidade de acomodação do selo e a partir deste momento, os vazamentos são inevitáveis.

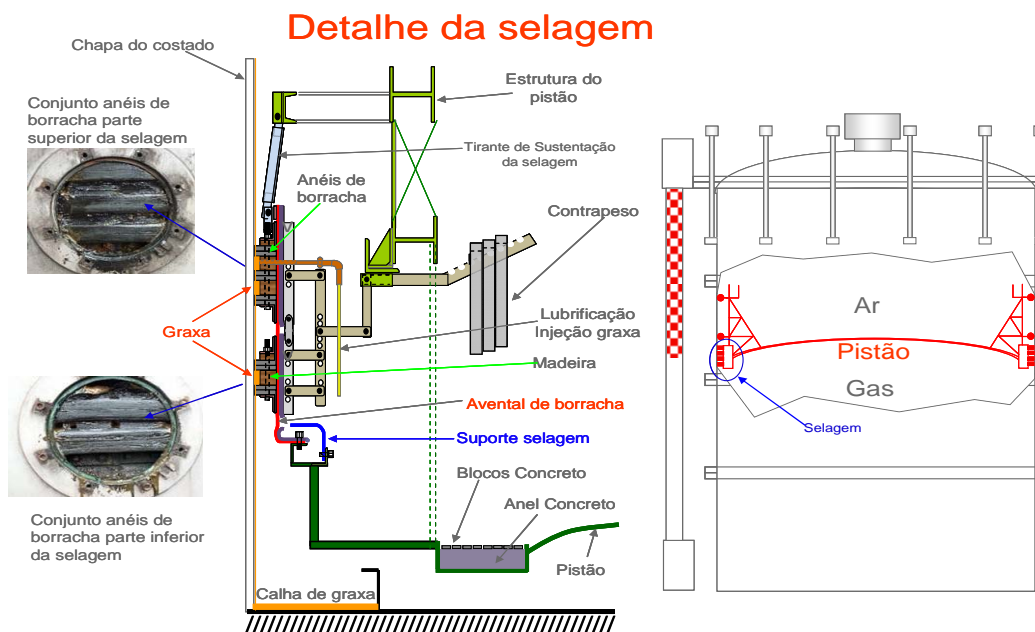


Figura 3. Selagem do Gasômetro de BFG (Tipo Klonne).

O gasômetro é o principal equipamento do sistema de distribuição de BFG, sendo responsável pela manutenção da estabilidade da pressão da rede de BFG, independente das variações instantâneas de fornecimento e consumo. Para isso, o gasômetro está ligado à rede de distribuição e possui um pistão interno que flutua sobre o gás, onde este pistão movimentar-se livremente mantendo constante a pressão da rede de distribuição, garantindo a segurança e continuidade operacional dos produtores e consumidores do gás de alto forno (BFG).

Além desta principal função de manter a estabilidade da pressão, o gasômetro, com sua capacidade de armazenamento, tem um importante papel no controle de

distribuição de BFG ao absorver as variações de produção e consumo de BFG garantindo o máximo aproveitamento de Gases da Usina.

3 HISTÓRICO DE MANUTENÇÃO DO GASÔMETRO DE BFG

3.1 Plano de Inspeção e Manutenção

A Área de Distribuição de Energia possui um plano de manutenção preventiva que, especificamente para o Gasômetro de BFG, é executado da seguinte forma:

- a cada 15 dias é realizada uma inspeção do sistema de lubrificação, com o gasômetro em operação;
- a cada seis meses é realizada uma verificação local da inclinação do pistão; e
- a cada dois anos ocorre uma parada programada por um período de sete dias para manutenção, inspeção e regulagem no sistema de selagem e sistema de graxa, além de uma inspeção geral da estrutura/chaparia do gasômetro. Esta parada pode ter sua duração e/ou escopo de atividades modificados em função do resultado das inspeções de rotina.

2.5 Histórico de Grandes Paradas para Manutenção

- 1988: Manutenção corretiva - Regulagem dos rolos e balanceamento de pesos em função de excesso de inclinação do pistão que estava ocasionando deformação nas chapas do costado;
- 1995: Grande parada (37 dias) Troca do sistema de selagem após 12 anos operação;
- 1997, 2000, 2002, 2004 e 2007: Inspeção, ajustes sistema de selagem e reparo chaparia;
- Abril de 2010: Manutenção corretiva do avental de borracha (vulcanização de rasgo no avental), com duração de 18 dias; e
- novembro de 2010: Grande parada (82 dias) para troca do sistema de selagem, Instalação de um sistema de nivelamento por contrapesos e modernização da instrumentação do gasômetro.

4 A GRANDE PARADA PROGRAMADA DE NOVEMBRO DE 2010

Durante o segundo semestre de 2009, foram identificados problemas (rasgos) no avental de borracha da selagem do gasômetro de BFG, que resultavam em pontos de vazamento de gás. Isto provocou a necessidade de uma intervenção para correção emergencial desses “rasgos” e o planejamento de uma grande parada programada para a substituição total da selagem. Nesta grande parada foi também programada a implementação de uma série de melhorias visando o prolongamento da vida útil do gasômetro.

Conforme planejado, no início de 2010 foram adquiridos os sobressalentes necessários para a intervenção, a qual foi programada para o segundo semestre deste ano.

Em agosto de 2010 foi iniciado o detalhamento do planejamento da parada em conjunto com as empresas executantes (já previamente contratadas) e com apoio de uma empresa especializada em manutenção e engenharia de gasômetros, a qual foi contratada para supervisionar todos os trabalhos que seriam executados na parada.

Ainda na fase de planejamento, visando atingir o resultado almejado de “Zero Acidente”, todas as pessoas que de alguma forma participariam dos trabalhos, funcionários da ArcelorMittal Tubarão e empresas contratadas, realizaram treinamento específico detalhando os riscos envolvidos nas atividades que seriam realizadas.

A parada iniciou-se em 08/11/2010 e teve duração de 82 dias, com a participação de 08 empresas contratadas e pico de 301 pessoas na área durante a obra. Os principais serviços realizados na parada, a serem detalhados a seguir, foram a Substituição da Selagem, o Revamp no Sistema de Nivelamento e a Modernização da Instrumentação do Equipamento.

4.1 Substituição da Selagem

A função da selagem no gasômetro é evitar que o gás presente na parte interna (abaixo do pistão flutuante) vaze durante a movimentação do pistão. O pistão se movimenta durante o funcionamento do equipamento para absorver as variações do balanço de gás instantâneo da rede, isto é, elevando-se nos momentos em que a geração de gás está maior que o consumo e descendo na situação oposta.

A selagem do Gasômetro tipo Klonne da ArcelorMittal Tubarão estava em final de vida útil após operar por 15 anos. O principal problema da selagem era o avelamento de borracha que apresentavam constantes rasgos (Figura 4) sendo necessárias intervenções para reparo cada vez mais freqüentes.



Figura 4. Avelamento de borracha da selagem.

Uma intervenção para a substituição de selagem neste tipo de gasômetro é uma atividade demorada e muito trabalhosa, a qual deve ser precedida pela remoção do excesso de graxa que fica depositada sobre o pistão na região da selagem, conforme mostrado na Figura 5. Esta preparação é imprescindível para propiciar a desmontagem da selagem velha em condições adequadas de segurança.

Após a desmontagem da selagem velha é necessário realizar a limpeza completa em toda a área para posterior montagem da selagem nova. No início da parada programada foram realizados alguns testes com a utilização de água à temperatura ambiente e pressurizada, porém, somente foi obtido uma boa produtividade a partir do momento em que decidiu-se pela utilização de vapor neste procedimento. O resultado obtido com a limpeza pode ser observado na Figura 6.



Figura 5. Pistão contaminado com graxa.



Figura 6. Pistão após limpeza com vapor.

Com a execução da substituição da selagem, e conseqüentemente, do avental de borracha, foi solucionado o problema dos rasgos que vinham ocorrendo ao longo do tempo. A nova selagem, já com sua montagem concluída, pode ser observada na Figura 7. Durante os testes realizados após a conclusão do serviço, foi observada a ocorrência de pontos de vazamento de gás ao longo do perímetro do pistão. Esta situação está relacionada ao fato de que são necessários alguns meses de operação para que a nova borracha se molde ao costado e, assim, cessem estes pontos de vazamento.



Figura 7. Nova selagem.

4.2 Revamp do Sistema de Nivelamento

O sistema de nivelamento original de gasômetros tipo Klonne é composto por duas fileiras de rolos, a Figura 8 mostra uma destas fileiras, que são pressionados contra o costado por um conjunto de molas.

Este sistema, após vários anos de operação, provoca distorções nas chapas do costado e estas deformações reduzem a estanqueidade da selagem além de reduzir a vida útil do equipamento.



Figura 8. Fileira superior de rolos do sistema de nivelamento original do pistão.



Figura 9. Distorção em chapas do costado.

O gasômetro da ArcelorMittal Tubarão está em operação há 27 anos e já apresenta distorções no costado, conforme mostrado na Figura 9. Esta constatação resultou na decisão pela substituição do sistema de nivelamento do pistão por um baseado no emprego de contra pesos. Este sistema consiste de um conjunto de contrapesos montado na parte externa do gasômetro presos ao pistão por cabos de aço que visam manter o pistão nivelado. No topo do gasômetro são instalados conjuntos de roldanas que transferem a tensão exercida pelos contra pesos para os pontos de ancoramento instalados no pistão.

Este sistema reduz a pressão dos rolos no costado e com isto as distorções existentes não irão mais evoluir. O próximo passo do projeto, ainda em estudo, será a correção das distorções já existentes no costado do Gasômetro. A Figura 10 mostra fotos do novo sistema de contrapesos instalado.



(A) Contra Pesos



(B) Conjunto de Roldanas



(C) Ancoramento no pistão

Figura 10. Fotos do novo Sistema de Contrapesos.

4.3 Modernização da Instrumentação do Gasômetro

A medição de maior importância para a operação do gasômetro é a medição de seu volume. Com base nesta variável, é realizado o intertravamento de segurança do equipamento e o acompanhamento do balanço de gás do sistema, determinando as decisões operacionais para redução ou aumento da disponibilidade de gás para os consumidores.

A medição original de volume do pistão era realizada a partir um cabo de aço preso ao pistão que, por meio de um conjunto de engrenagens e um contra peso, transmitia o movimento linear do pistão para o eixo de um potenciômetro. Este elemento, associado a um transmissor, gerava ao sistema de controle um sinal de corrente proporcional ao volume do gasômetro. Ao longo de seus 27 anos de

operação, os componentes mecânicos deste sistema (cabos e engrenagens) passaram a demandar freqüentes intervenções de manutenção com custo elevado e execução complicada devido às dificuldades de acesso, reduzindo a disponibilidade operacional do gasômetro.

Na parada programada iniciada em novembro de 2010, esta medição foi substituída por outra baseada na determinação do peso de uma corrente de nylon. Uma das pontas desta corrente é presa a uma célula de carga, internamente, no topo do gasômetro, ficando a mesma pendurada até ser acondicionada em um recipiente, instalado sobre o pistão. À medida que o pistão se move, o comprimento do trecho suspenso da corrente se altera, variando assim a indicação de volume. A Figura 11 mostra um esquema desta medição e representa também a indicação local, que já existia originalmente e foi preservada para monitoração local em caso de falhas dos instrumentos.

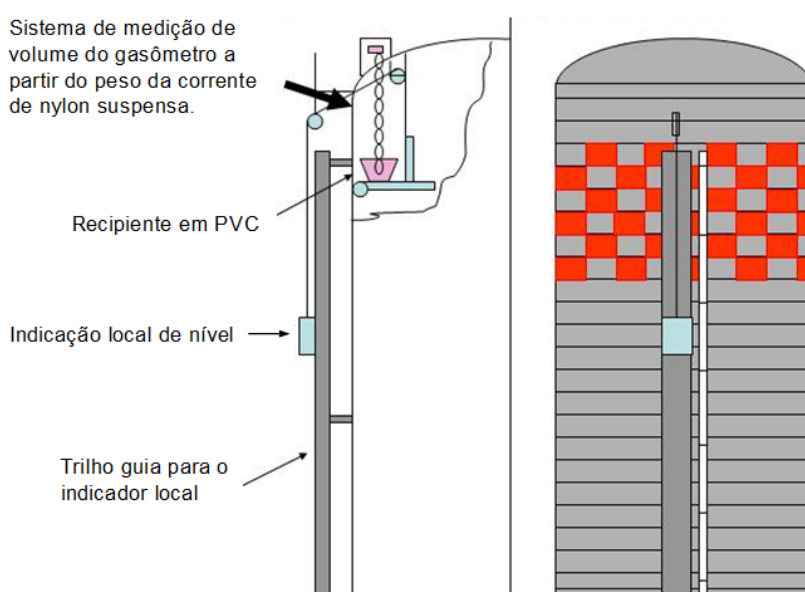


Figura 11. Nova medição de volume do Gasômetro de BFG.

Uma outra variável, cuja monitoração possui relevância significativa para a continuidade operacional do gasômetro é a medição de inclinação do pistão. Esta medição online pode revelar falhas no sistema de nivelamento e ou de lubrificação da selagem, indicando a necessidade de paradas para manutenção do equipamento.

Originalmente, esta medição era realizada localmente a partir de um sistema baseado em vasos comunicantes, instalado ao longo do perímetro do pistão, internamente ao gasômetro. Visando tornar esta medição contínua e online, na parada programada foi instalado um sistema específico de monitoração de inclinação, montado sobre o pistão e interligado ao sistema de controle. Este sistema é extremamente sensível, sendo capaz de detectar desníveis a partir de 1 mm ao longo de um diâmetro do pistão.

4.4 Outras Atividades de Manutenção

Além dos principais itens listados acima, o longo período da parada programada foi utilizado também para a realização de outras atividades com característica de manutenção, dentre as quais se destacam os itens listados a seguir:

- Substituição dos bleeders que apresentavam sinais de corrosão. Os bleeders compõem o sistema de segurança de exaustão de gás do interior do gasômetro em caso de descontrole que leve o pistão a atingir um nível muito alto, com risco de danos ao equipamento. Antes da atuação dos bleeders, o sistema de controle possui vários níveis de atuação com a abertura de Torres de queima de gás. Somente se estas atuações não funcionarem adequadamente e/ou se não forem suficientes que os bleeders são utilizados. A Figura 12 mostra fotos dos bleeders retirados e dos novos instalados.



Figura 12. Bleeders do Gasômetro de BFG.

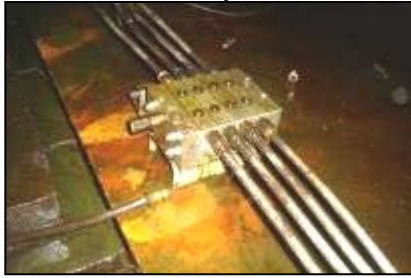
- Manutenção de estruturas metálicas em geral que apresentavam sinais de corrosão. A Figura 13 ilustra exemplos de estruturas que foram mantidas; e



Figura 13. Estruturas Metálicas do Gasômetro mantidas durante a Parada Programada.

- Manutenção geral no sistema de lubrificação, o qual apresentava alguns pontos de vazamento de graxa, sendo necessária a substituição de componentes. A Figura 14 contém fotos do sistema antes e depois da manutenção.

Antes da Manutenção



Após a Manutenção



Figura 14. Sistema de graxa do gasômetro.

5 BALANÇO GERAL DA PARADA

Antes do início da Parada Programada foi realizado um detalhado planejamento com foco em segurança, no qual foi definida uma série de ações. Além do já citado treinamento específico sobre os riscos da área realizado com 100% dos envolvidos na obra, colaboradores próprios e terceiros, pode ser citado também:

- o mapeamento da área para definição dos caminhos de segurança e da localização dos equipamentos de elevação de carga;
- a implantação de um sistema rígido de controle de acesso à área;
- a contratação de técnicos de segurança específicos para acompanhamento da obra, 24 horas por dia;
- a realização de inspeções semanais de segurança, com participação da estrutura gerencial da ArcelorMittal e das contratadas;
- o acompanhamento contínuo da condição de arrumação e limpeza da área;
- o incentivo constante à realização de abordagens de segurança, onde um executante, fiscal ou gestor interpela outro executante a cerca das condições de segurança da atividade e da área, visando mantê-los alerta a cerca destes riscos e das condições de controle; e
- planejamento diário das atividades visando a não execução simultânea de mais de um trabalho na mesma verticalidade;

Por outro lado, o volume de atividades realizadas associado ao longo período da parada e a fatores ambientais geraram alguns desafios à realização da Parada, dentre os quais se destacam:

- a ocorrência de ventos e chuvas no período da parada, que geraram atrasos consideráveis em relação ao planejamento original devido à necessidade de constantes interrupções de atividades de montagem de andaimes, trabalhos em altura e içamentos de cargas;
- a necessidade natural de um período de aprendizagem na realização de atividades inéditas, período este em que se observa uma menor produtividade na execução;
- a ocorrência de interferências devido ao volume de atividades realizadas simultaneamente por várias empresas envolvidas em um espaço restrito; e
- a necessidade de acompanhamento contínuo da obra pelos coordenadores para solução destas interferências com garantia de agilidade nas decisões;

6 CONCLUSÃO

A parada realizada de novembro de 2010 a janeiro de 2011, foi a maior parada programada já realizada no gasômetro de BFG da ArcelorMittal Tubarão, com um

grande volume de atividades, pessoas e empresas envolvidas nos 82 dias de duração.

Como principal ponto positivo, vale o destaque do alcance da meta de conclusão das atividades sem nenhuma ocorrência de acidente com lesão, apesar da presença constante de diversos riscos como trabalho em altura, movimentação de cargas suspensas, atividades noturnas, execução de atividades inéditas e risco de vazamento de gases em áreas próximas. O investimento considerável de Homem Hora na gestão da segurança do evento, antes e durante a parada, foi fundamental para este resultado.

Com relação aos aspectos técnicos, a conclusão das atividades previstas para a parada programada representa um prolongamento considerável da vida útil do equipamento, uma vez que a previsão é de que a próxima intervenção para troca de selagem ocorra daqui a 12 anos. Esta substituição da selagem, aliada às demais atividades realizadas, resulta em uma maior confiabilidade operacional do gasômetro de BFG e em uma redução de custos de manutenção preventiva e, principalmente, corretiva do equipamento.