

MELHORA NO DESEMPENHO OPERACIONAL DO SCRUBBER DO ALTO-FORNO 02 DA TERNIUM BRASIL ATRAVÉS DE LIMPEZA QUÍMICA*

Rodrigo Faislon Kubrusly¹
Gênesis Vasconcelos Rodrigues Gonçalves²
Elton Santos Zica³
Marco Antônio dos Reis⁴

Resumo

O gás gerado é um dos principais produtos de um Alto-Forno devido sua alta taxa de reutilização e insumo para geração de energia elétrica. A qualidade a ser entregue do gás de Alto-Forno (GAF) é de fundamental importância para o bom desempenho operacional dos equipamentos geradores de energia. Para a aderência aos parâmetros de qualidade requeridos do GAF é de fundamental importância que a água de lavagem do gás tenha vazão e qualidade adequadas garantindo a eficiência do Scrubber. Devido problemas históricos de quebra de equipamentos essenciais para a manutenção da qualidade da água, criaram-se condições desfavoráveis nas linhas de alimentação do Scrubber do Alto-Forno 02, como formação de depósitos, prejudicando a manutenção da qualidade do gás. Uma alternativa para retorno das condições operacionais de lavagem foi através da limpeza química realizada na linha de alimentação do Scrubber que é o objetivo do presente trabalho. Os resultados encontrados permitiram um aumento percentual na vazão total de alimentação do Scrubber de 74% (de 523 m³/h para 910 m³/h) alcançando valores próximos aos parâmetros de projeto (1000 m³/h) o que permite uma melhor lavagem do gás e maior adequação aos parâmetros de qualidade.

Palavras-chave: Limpeza Química; Scrubber; Gás de Alto-Forno; Lavagem de gás.

IMPROVEMENT IN OPERATIONAL PERFORMANCE OF THE TERNIUM BRAZIL BLAST FURNACE #02 SCRUBBER THROUGH CHEMICAL CLEANING

Abstract

The gas generated is one of the main products of a blast furnace due to its high reuse rate and input for electric power generation. The quality to be delivered from the blast furnace gas (BFG) is of fundamental importance to the operational performance of the energy generating equipment. For adherence to the required quality parameters of the BFG it is very important that the gas wash water has adequate flow rate and quality guaranteeing Scrubber efficiency. Due to historical problems of essential equipment breakdown for the maintenance of water quality, unfavorable conditions were created in the lines of the Blast Furnace 02 Scrubber, such as deposit formation, impairing the maintenance of the gas quality. An alternative to the return of the operating washing conditions was through the chemical cleaning carried out in the Scrubber feed line which is the purpose of the present work. The results obtained allowed a percentage increasing in the total Scrubber feed rate of 74% (from 523 m³/h to 910 m³/h) reaching values close to the design parameters (1000 m³/h), which allow better gas washing and adaptation to quality parameters as well.

Keywords: Chemical cleaning; Scrubber; Blast Furnace Gas; Gas cleaning.

- ¹ *Engenheiro Químico, Engenheiro de Processo, Unidade Técnica dos Altos Fornos, Ternium Brasil Ltda., Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*
- ² *Químico Industrial, Técnico Especialista Limpeza de Gás, Operação dos Altos Fornos, Ternium Brasil Ltda., Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*
- ³ *Engenheiro Mecânico, Coordenador Inspeção Mecânica Altos Fornos, Manutenção dos Altos Fornos, Ternium Brasil Ltda., Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*
- ⁴ *Gestão de Produção, Coordenador Limpeza de Gás Altos Fornos, Operação dos Altos Fornos, Ternium Brasil Ltda., Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

O sistema de limpeza de gás tem como principal finalidade reduzir o particulado ($< 10 \text{ mg/Nm}^3$) e a umidade ($< 5 \text{ mg/Nm}^3$) contidos no gás de topo gerado pelos Altos-Fornos em duas fases (uma seca e outra úmida). O sistema é composto de um ciclone axial (fase seca), um lavador de gases (fase úmida) de passo anular (Scrubber) e um desumidificador (Demister), conforme mostrado de forma resumida na Figura 1.

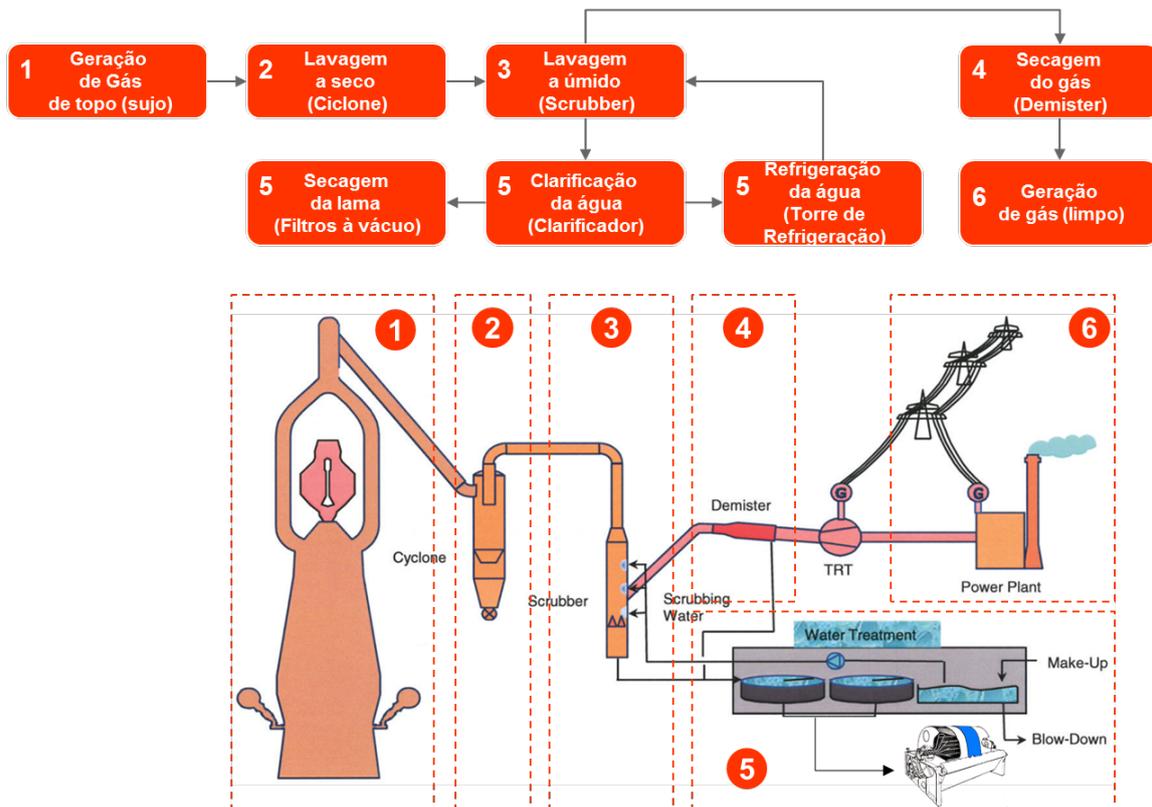


Figura 1. Fluxograma adaptado da limpeza de gás típica da planta de Alto-Forno [2, adaptada].

A fase seca da Limpeza dos gases é realizada em um ciclone axial que foi projetado para retirar 80% do particulado presente no gás gerado no topo dos Altos Fornos. O fluxo de GAF entra pelas duas entradas superiores do ciclone axial, passando pelas palhetas guias instaladas na entrada da câmara de separação. Estas são responsáveis pela geração do ciclone no interior da câmara de separação, onde a força centrífuga gerada, lançam as partículas de pó contidas no GAF, contra a parede do ciclone axial. As partículas mais grossas deslizam pela parede da câmara para dentro do coletor de pó [4].

O fluxo do GAF pré-limpo é revertido, com o auxílio de um cone defletor instalado na parte inferior da câmara de separação, em direção à tubulação central no topo do ciclone axial, que leva o GAF pré-limpo para a próxima fase de limpeza, a Úmida.

A fase úmida da limpeza dos gases é realizada no Scrubber e consiste na injeção de água atomizada sobre o fluxo de GAF pré-limpo onde a fração fina do pó, ainda contido no GAF, é absorvido pelas gotas de água. Além de realizar a lavagem dos

Gases, o Scrubber também realiza o controle de pressão do topo do Alto-Forno. Na Figura 2 é apresentado um desenho tridimensional do Scrubber instalado na Ternium Brasil.

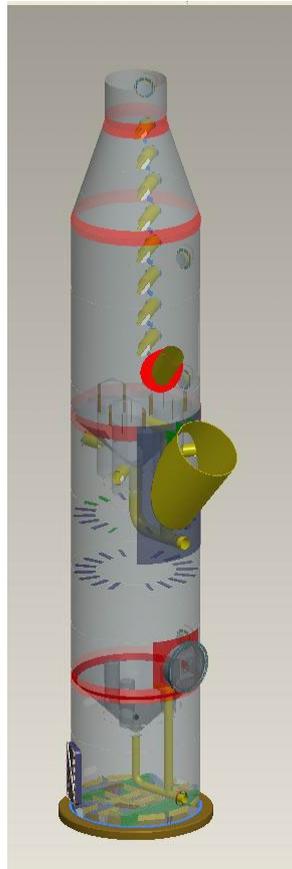


Figura 2. Desenho tridimensional do Scrubber instalado na Ternium Brasil.

O GAF limpo sai pelo fundo do Lavador e é admitido no Demister pelo topo, onde ele passa por um conjunto de palhetas guias. A força centrífuga gerada lança as partículas de vapor d'água, contidas no GAF, contra a parede do desumidificador. A água retirada do gás é depositada no fundo do desumidificador e posteriormente bombeada para o sistema de espessamento de Lama.

O gás limpo sai por tubulação interna e central no desumidificador, e segue para o Gasômetro de GAF (BFG Holder). O gasômetro armazena e controla a pressão e distribuição do GAF para as demais áreas da Ternium Brasil, principalmente para a Central Termoelétrica (Power Plant) [4].

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização de material depositado no tubo de alimentação do Scrubber

A característica do material (Figura 3) depositado é dependente da composição do GAF que também está relacionada com as variações de qualidade química das matérias-primas enforçadas.

Porém, a composição em volume do gás gerado está próxima dos valores apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Composição típica do GAF [3].

Componentes	Percentual (%)
CO	24-25
CO ₂	15-18
H ₂	5-6
CH ₄	1
N ₂	53-54

Realizou-se análise por Difração de Raios X (DRX) para caracterização do depósito da linha de alimentação do Scrubber 02 e foi encontrado, conforme demonstrado na Tabela 2, maior presença de material ferroso (Fe₂O₃) e material orgânico (conforme já esperado devido alta dureza da água de lavagem) o que aumenta o potencial de perda de troca térmica, conforme demonstrado na relação da Figura 04.

Tabela 2. Caracterização do depósito do tubo de alimentação do Scrubber 02

Componentes	Percentual (%)
Material Orgânico CO	32
CO ₂	5
Insolúveis em HNO ₃ /HCl	12,5
CaO	3
Fe ₂ O ₃	45
P ₂ O ₅	<0,5
Outros	2,5



Figura 3. Depósito retirado da tubulação de alimentação do Scrubber 02.

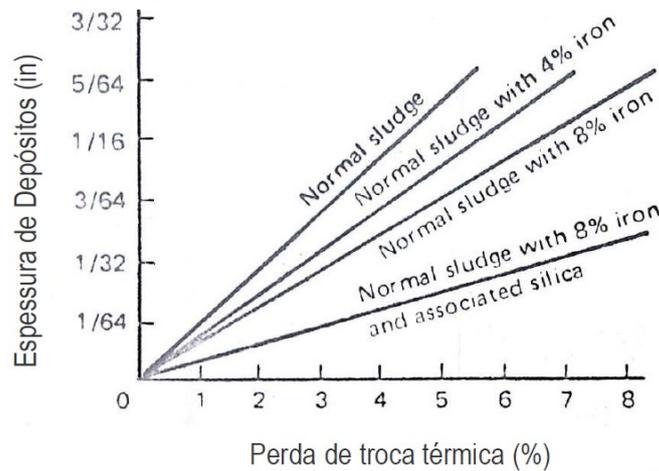


Figura 4. Gráfico entre espessura de depósitos e perda de troca térmica relacionados com incorporação de ferro[1].

2.2 Testes laboratoriais com produto para verificação de tempo de contato necessário e concentrações

Foram feitos testes laboratoriais para verificação de concentração do produto a ser utilizado e o tempo de contato necessário. Através destes testes viabilizou-se a elaboração do procedimento adequado a ser seguido. Obteve-se, então, a necessidade de contato mínimo de 8h com concentração de produto com base ácido forte e utilização de vazão de alta pressão para auxílio mecânico.

Define-se como Limpeza química o processo sobre superfícies metálicas diversas com o objetivo de remover oxidações e impurezas inorgânicas, como as chamadas carepas de laminação e recozimento, as camadas de oxidação (no caso das ligas ferrosas chamadas popularmente de ferrugem), crostas de fundição e incrustações superficiais.

A decapagem pode ser precedida do jateamento abrasivo, feito com o objetivo de remover grande parte da carepa e criar rugosidade no material de forma a reduzir o tempo de contato com o produto químico.

2.3 Etapas da limpeza química do Scrubber do Alto-Forno 02

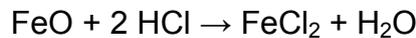
2.3.1. Selagem e teste hidrostático

Testou-se a recirculação do sistema com pressão máxima para certificar-se da não ocorrência de vazamentos, principalmente nas linhas e conexões temporárias.

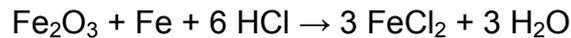
2.3.2. Fase Ácida

Aplicou-se uma solução entre 7,5 – 10 % de ácido clorídrico (HCl) inibido com 0,5 % de inibidor para aço carbono. O inibidor foi dosado diretamente no ácido e baseado no volume do mesmo a ser usado.

A razão pela qual utiliza-se HCl é que, diferentemente de outros ácidos, como o ácido sulfúrico (H₂SO₄), por exemplo, forma o cloreto ferroso, FeCl₂, que é mais solúvel comparativamente que o sulfato ferroso, FeSO₄. A reação de decapagem é composta de vários níveis dependendo do tipo de óxido envolvido e da concentração do banho na região da peça em tratamento. A reação básica para o óxido ferroso sempre é a seguinte:



Quando reagem com o óxido férrico/ferro, tem-se:



Na primeira parte da fase ácida trabalhou-se para reduzir o valor do pH até ≤ 1 . Houve recirculação do sistema até observar redução de fluxo parando a lavagem ácida para realizar hidrojateamento (lavagem mecânica com alta pressão) com o intuito de retirar possível material depositado que estava obstruindo a passagem.

Na segunda parte da fase ácida trabalhou-se para reduzir o valor do pH até ≥ 3 . Houve recirculação do sistema até observar redução de coloração escura e saída de particulado. Drenou-se a solução e repetiu-se a limpeza ácida com as mesmas condições anteriores.

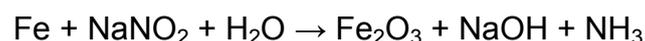
2.3.3. Neutralização

A neutralização foi realizada com a solução de soda cáustica 50% (alta pureza). Preencheu-se a tubulação com solução alcalina $\text{pH} \geq 10$ e recirculou-se por 60 minutos até obtenção de $\text{pH} \geq 7$.

2.3.4. Passivação

O procedimento de passivação visa a remoção de ferro oxidado e a rápida formação de um filme passivante que minimizará a continuidade do processo corrosivo no equipamento. Preencheu-se o tanque com solução de inibidor de corrosão à base de fosfato e dispersante (1%) por 5 horas.

Inibidores anódinos atuam reprimindo as reações anódinas. Hidróxidos, carbonatos, silicatos, boratos e fosfatos terciários, porque reagem no anodo formando produtos insolúveis que tem ação protetora utilizando nitrito de sódio.



Na Figura 5 encontra-se o resumo de todas as etapas já citadas com os controles e tempo de contato necessário com o depósito da tubulação de alimentação do Scrubber do Alto-Forno 02.



Figura 5. Etapas da atividade de limpeza química do Scrubber 02.

2.4 Fluxograma e mapa geral da limpeza química do Scrubber do Alto-Forno 02

Nas Figuras 6 e 7, tem-se o fluxograma geral esquemático dos pontos de alimentação do Scrubber que a limpeza química foi efetivada e as respectivas imagens do sistema montado para a atividade.

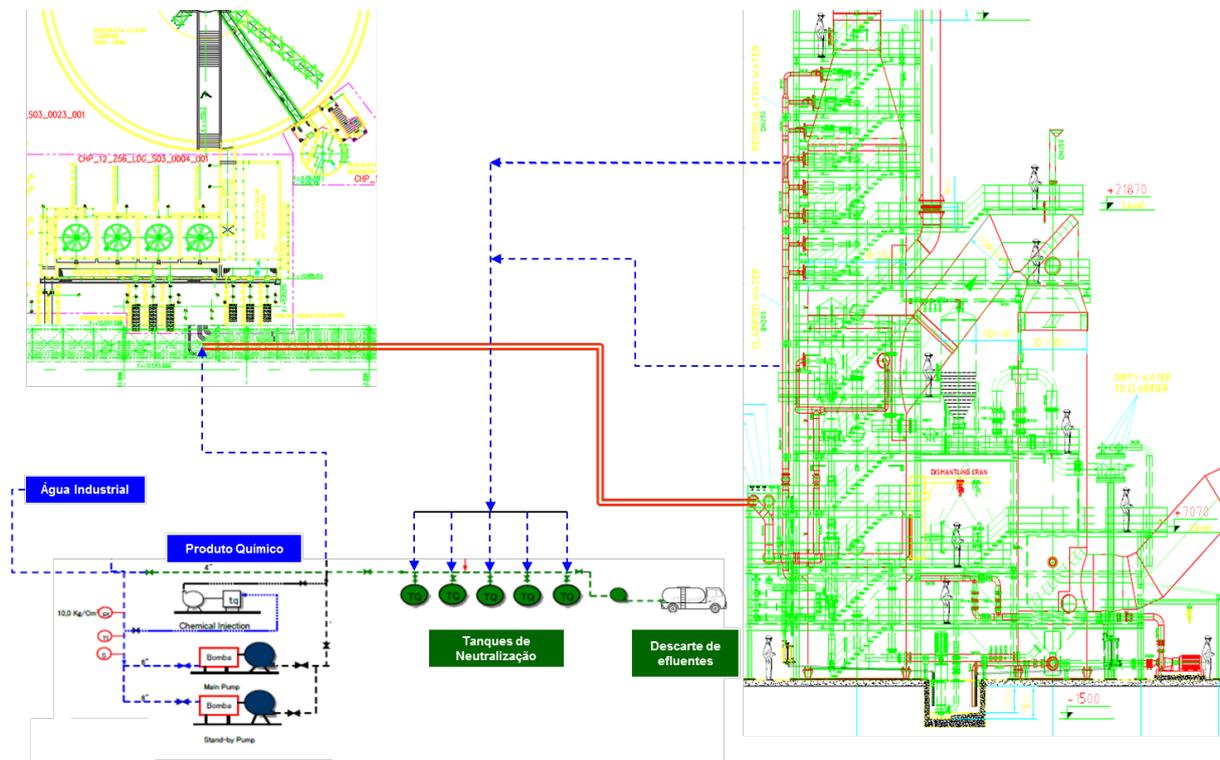


Figura 6. Fluxograma das correntes da atividade de limpeza química do Scrubber 02.



Figura 7. Imagens de toda a logística montada para a realização de atividade de limpeza química no Scrubber.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Resultados qualitativos da linha de alimentação do Scrubber do Alto-Forno 02

Após cumprimento das etapas da limpeza química, obtiveram-se excelentes resultados quanto à liberação do diâmetro útil da tubulação vide ausência de incrustações e deposições presentes nas tubulações de alimentação. Nas Figuras 8 e 9 são mostrados os resultados qualitativos da limpeza química realizada na linha de alimentação do estágio superior e inferior do Scrubber do Alto-Forno 02.



Figura 8. Situação do antes e após limpeza química da tubulação de alimentação do estágio superior do Scrubber do Alto-Forno 02.



Figura 9. Situação do antes e após limpeza química da tubulação de alimentação do estágio inferior do Scrubber do Alto-Forno 02.

3.2 Ganhos Operacionais do Scrubber do Alto-Forno 02

No retorno à operação do AF2 (após limpeza química) atingiu-se vazão de alimentação do estágio superior no valor de 550 m³/h (valor de projeto) e, no estágio inferior o valor de 360 m³/h totalizando 910 m³/h (valor pontual no retorno do Alto-Forno 02 conforme Figura 10). Esse valor total corresponde a um aumento aproximado de 74%, quando comparado ao valor médio mensal de Maio de 2018 (523 m³/h). Na Figura 11 tem-se os valores de vazão alcançados após a limpeza química.

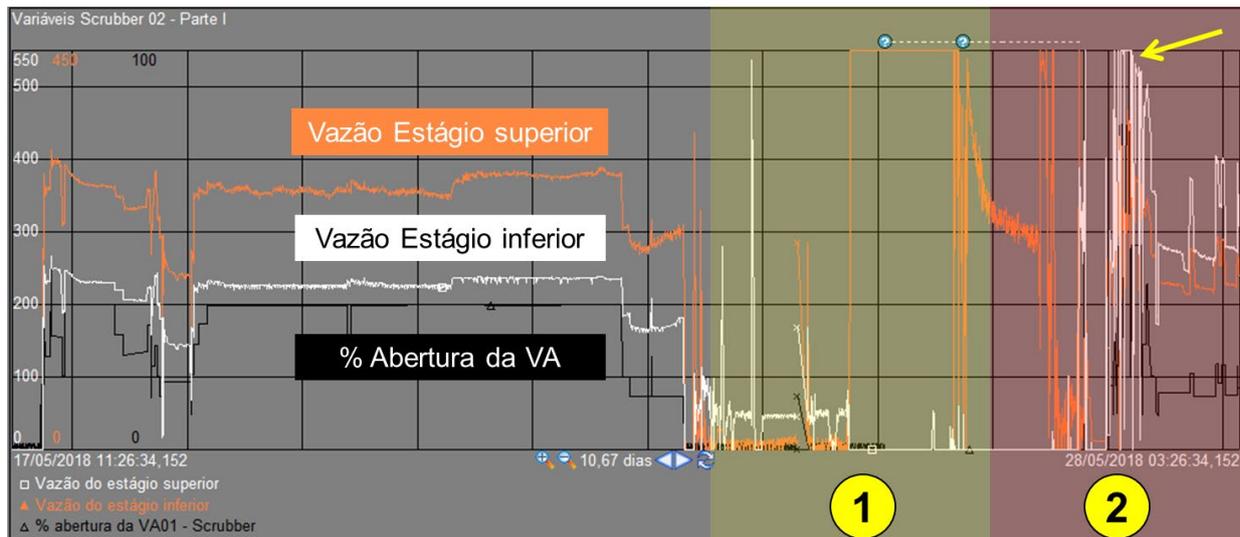


Figura 10. Tela operacional do Scrubber do Alto-Forno 02 durante a parada para a limpeza química (1) e após o retorno à operação (2).

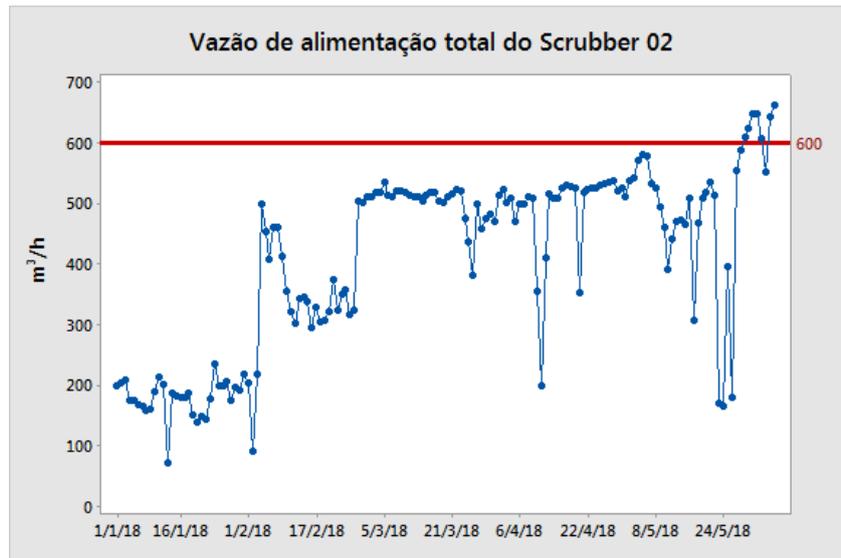


Figura 11. Gráfico temporal de 2018 da vazão total de alimentação do Scrubber do Alto-Forno 02.

3.3 Relação entre o particulado do GAF e vazão de alimentação do Scrubber do Alto Forno 02

Como podemos observar, com o aumento da vazão de água de lavagem do gás há uma tendência, já esperada, de diminuição no teor de particulado do gás de Alto-Forno conforme regressão linear mostrada abaixo na Figura 12. Além da conservação e operação normal dos internos do Scrubber, tem-se um ganho operacional na planta da termoeletrica vide recebimento de um gás mais limpo e dentro das especificações esperadas.

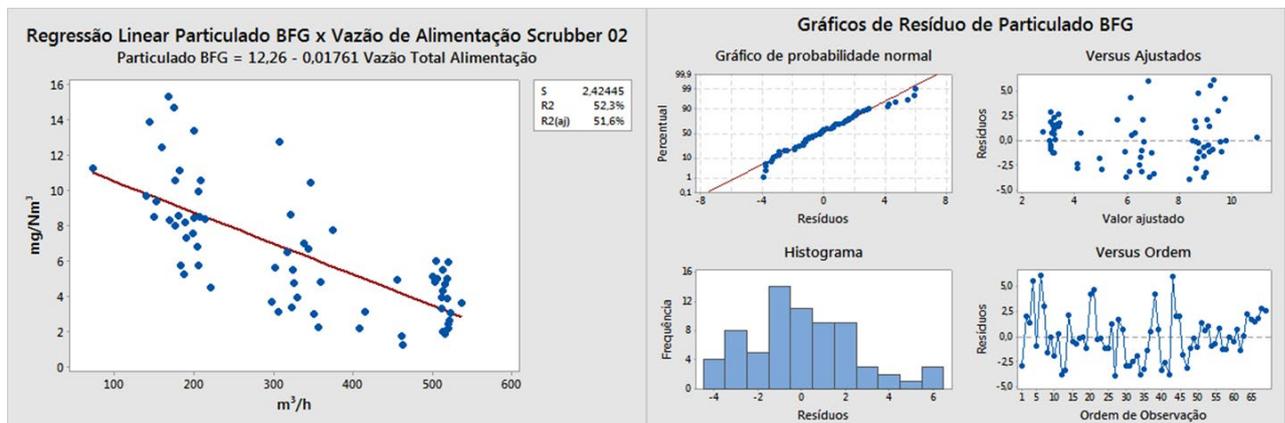


Figura 12. Regressão linear entre o particulado de GAF e vazão de alimentação do Scrubber do Alto-Forno 02.

4 CONCLUSÃO

A atividade de limpeza química realizada no Scrubber 02 teve impactos positivos especialmente na vazão de alimentação da lavagem do gás de Alto-Forno atingindo valores pontuais próximos àqueles de projeto e com média diária mais alta quando comparada aos meses que antecederam a atividade supracitada. A atividade, apesar de complexa, se deu de forma sincronizada o que permitiu uma operação

segura e dentro do esperado gerando grandes aprendizados e pontos de melhoria para uma possível limpeza futura.

REFERÊNCIAS

- 1 M, Sylvia. Limpeza Química – Quando usar e os principais cuidados. Decapametal, 2015.
- 2 L, Alex. Blast Furnace gas cleaning system. Raw Materials and Ironmaking. Millenium Steel, 2006.
- 3 L, Chaves. Pesquisa realizada entre as siderúrgicas mineiras não integradas. Consumo de Gás de Alto forno. Sete Lagoas; Matozinhos; Divinópolis; Itaúna; Pedro Leopoldo, 2011.
- 4 Manual de Operação da Limpeza de Gás. Ternium Brasil, revisão 01, 2012