

REDUÇÃO DE CONSUMO ESPECÍFICO DE GÁS NATURAL*

Samuel de Lima Silva¹

Thiago de Mendonca Barbara dos Reis²

Delano Vaz Borges³

Geraldo Magela Dos Santos Dias⁴

Fabio Machado de Oliveira⁵

Resumo

A Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE) atuou com uma série de ações para aprimorar a rotina de trabalho com finalidade da redução do consumo específico de gás natural na Unidade de Juiz de Fora da Votorantim Metais Zinco. As principais ações adotadas foram o desligamento de um dos queimadores da Caldeira Aalborg, e regulação do outro para 50%, utilizando o primeiro apenas quando necessário; estudo de melhorias na operação da Planta Polimetálicos, visando a redução de consumo pelo queimador do forno; melhoria no acompanhamento de consumo diário, tanto na chegada de gás quanto na caldeira; levantamento dos pontos de vazamento de vapor e contratação externa para adequação. Como resultado dessa série de ações tomadas, obtivemos uma redução de 17% no consumo específico de gás natural da planta.

Palavras-chave: Gás Natural; Consumo Específico; Eficiência Energética; Caldeira.

REDUCTION OF SPECIFIC CONSUMPTION OF NATURAL GAS

Abstract

The Internal Commission for the Conservation of Energy (CICE) served with a series of measures to improve the working routine with purpose of reducing the specific consumption of natural gas. The main actions taken were the shutdown of one of the Aalborg Boilers burners and one for regulation of 50%, using the first only when necessary; study improvements in the operation of the plant Polymetallic, aiming to reduce consumption by oven burner; improve the monitoring of daily consumption, both arrival gas as the boiler; survey of the points of leakage of steam and outsourcing for appropriateness. As a result of this series of actions taken, we obtained a 17% reduction in specific consumption of natural gas.

Keywords: Natural gas; Specific consumption; Energy efficiency; Boiler.

¹ *Graduando em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Coordenador de Controle e Planejamento de Manutenção, Engenharia de Manutenção, Votorantim Metais Zinco, Juiz de Fora, MG, Brasil.*

² *Engenheiro de Produção, Técnico especialista em Manutenção, Engenharia de Manutenção, Votorantim Metais Zinco, Juiz de Fora, MG, Brasil.*

³ *Engenharia Metalúrgica, Engenheiro Pleno, Polimetálicos, Votorantim Metais Zinco, Juiz de Fora, MG, Brasil.*

⁴ *Engenharia Elétrica, especialização em Engenharia de Manutenção, Engenheiro Sênior, Engenharia de Manutenção, Votorantim Metais Zinco, Juiz de Fora, MG, Brasil.*

⁵ *Engenharia Elétrica, MBA em Gestão de Negócios e Empreendimentos, Gerente de Manutenção, Engenharia de Manutenção, Votorantim Metais Zinco, Juiz de Fora, MG, Brasil.*

* *Contribuição técnica ao 35º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 29º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 13 a 15 de agosto de 2014, São Paulo, SP, Brasil.*



1 INTRODUÇÃO

A Votorantim Metais é uma empresa com foco direcionado à mineração e metalurgia de zinco, níquel e aços longos. A unidade de Juiz de Fora – Zinco, produz Zinco metálico, na forma de lingotes de alta pureza (SHG), ligas e pó de zinco, tendo como subproduto o ácido sulfúrico, dióxido de enxofre líquido, sulfato de cobre e concentrado de prata.

Desde 2008 com o início do projeto Polimetálicos (consumidor de gás natural e vapor), houve uma necessidade no aumento da demanda de consumo de gás natural, visto que, além do gás natural ser usando no processo do Polimetálicos, a planta aumentou seu volume de produção, tendo um aumento no consumo de vapor produzido por uma caldeira a gás natural.

O trabalho foi dividido em duas principais frentes: redução de consumo de gás natural do Forno Waelz (Polimetálicos), e redução do consumo de gás natural da Caldeira Aalborg.

1.1 Polimetálicos

O processo produtivo da planta Polimetálicos consiste basicamente no Processo Waelz. O qual é um tratamento (reciclagem) pirometalúrgico para minérios e outros materiais contendo zinco, tais como Pó de Aciaria Elétrica (PAE), resíduo gerado na produção do aço, minérios de reduzido teor de Zinco entre outros. Para um melhor entendimento do circuito do processo Waelz, a figura 1 representa a planta em 3D.



Figura 1. Desenho esquemático da planta Polimetálicos

1.1.1 Processo Waelz

O processo Waelz é executado num forno rotativo longo de 70m de comprimento, revestido internamente com refratários e ligeiramente inclinado em 2°. A mistura de alimentação do forno é composta principalmente de materiais contendo zinco, coque/carvão e, se requerido, aditivos como sílica ou calcário.

* Contribuição técnica ao 35º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 29º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 13 a 15 de agosto de 2014, São Paulo, SP, Brasil.



Conforme é observado na figura 2, o material alimentado move-se lentamente pelo movimento de rotação do forno e é aquecido em contracorrente pelos gases quentes oriundos do queimador.

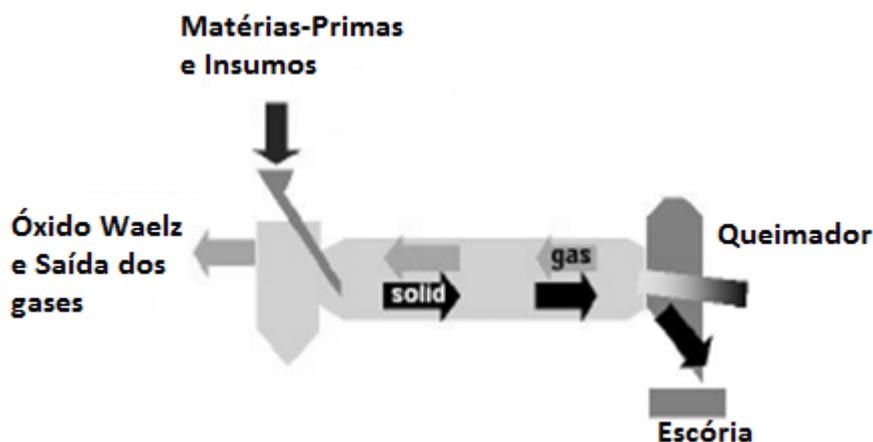


Figura 2. Diagrama do fluxo de matérias primas no Forno Waelz.

Após secagem e pré-aquecimento, a carga entra na zona de redução do forno, e o óxido de zinco é reduzido a zinco metálico (ZnO) pelo coque (agente redutor). Ao deixar a zona de redução na carga, o zinco volatilizado entra em contato com o oxigênio na região livre do forno acima da carga, e nela se oxida formando um pó fino denominado Óxido Waelz. A escória gerada no forno pode ser aplicada como material de construção civil e/ou na indústria siderúrgica.

Este processo não é autógeno, ou seja, não é capaz de gerar calor. É necessária então a adição de combustíveis como carvão/coque ou gases aquecidos via queimador a Gás Natural. Estes insumos de custo variável são os mais significativos para a unidade, pois representam o maior custo.

1.2 Caldeira Aalborg

A unidade necessita de vapor no seu processo produtivo, nas áreas da Hidrometalurgia e Polimetálicos. O suprimento de vapor da unidade é feito através de 3 fontes: 1 caldeira de recuperação (localizada na Ustulação) e 2 caldeiras (Aalborg e ATA).

A caldeira Aalborg, bicomustível (gás natural e óleo diesel) funciona complementando a necessidade de vapor da planta, enquanto a ATA (óleo diesel) é utilizada apenas em casos de emergência, funcionando como backup.

O gás natural consumido para produção gira em torno de 350.000 m³, sendo responsável por cerca de 80% do consumo de gás natural da planta.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Forno Waelz

A partir do levantamento de dados, observou-se que o consumo específico de Gás Natural de janeiro a março de 2013, iguais a 42,6m³/t PAE, estava muito acima do valor estipulado pelo orçamento de 2013. Definiu-se como meta, atingir até o fim de 2013, o valor estipulado pelo orçamento igual a 8m³/t PAE.

Para realização do Projeto, adotou-se a metodologia 6SIGMA.

* Contribuição técnica ao 35º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 29º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 13 a 15 de agosto de 2014, São Paulo, SP, Brasil.



Definiu-se o escopo do Projeto em março de 2013. Contemplou-se nos resultados o consumo necessário para “start” do Forno após longas paradas e o consumo necessário caso ocorram testes utilizando combustíveis alternativos. Adotaram-se como base histórica de consumo, os meses de janeiro a março de 2013. Observa-se na figura 3, o consumo em m³/t PAE destes meses.

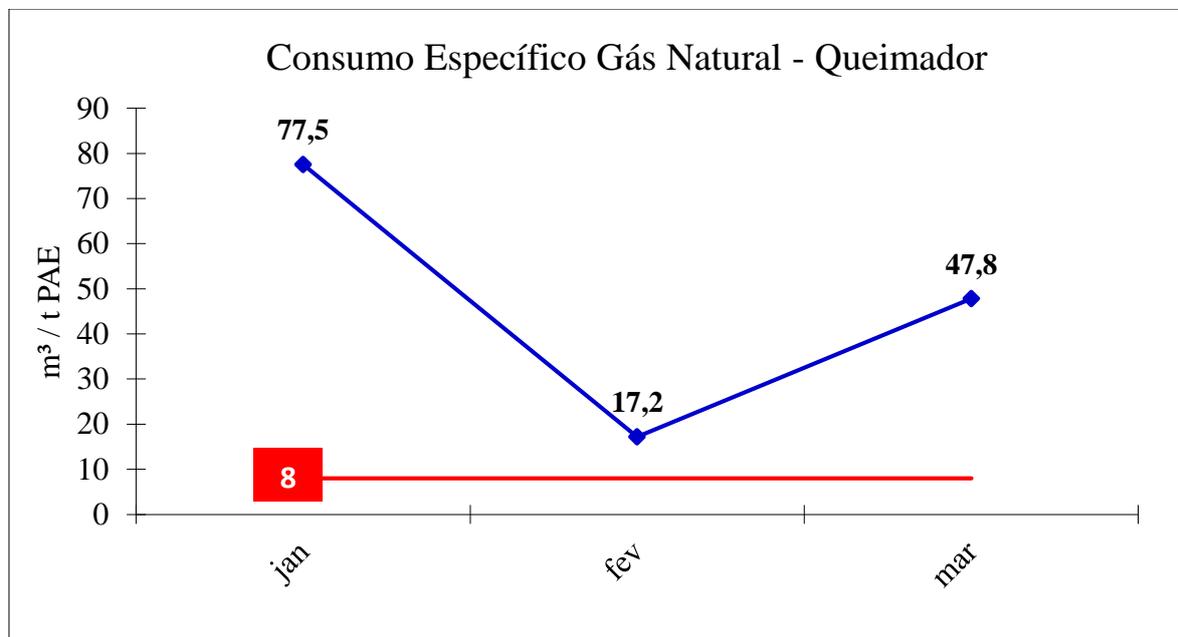


Figura 3. Consumo Específico de Gás Natural (m³/tPAE)

Considerando que o consumo específico médio destes meses é de 42,6m³/t PAE, reduzindo-se para 8m³/t PAE, o consumo seria reduzido em 34,6m³/t PAE. Segundo dados do orçamento de 2013, a meta de alimentação de PAE no Forno Waelz de abril a dezembro de 2013 é de 89.350t. Segundo a fórmula abaixo, considerando o preço de 1m³ de Gás Natural de R\$ 1,04 segundo o Sistema SAP (“System, Applications and Products in Data Processing”) e atingindo-se a meta igual a 8m³/t PAE, seriam evitados R\$ 3.215.170,00 em gastos com este recurso natural.

$$\text{Custo Evitado} = (\text{Realizado} - \text{Meta}) [\text{m}^3/\text{t}] * \text{Alimentação de PAE orçada} [\text{t}] * \text{Preço médio do m}^3 [\text{R}\$/\text{m}^3] \quad (1)$$

2.1.1 Medições e análises

Nestas etapas, realizou-se através da ferramenta Mapa de Processo, figura 4, juntamente com toda a equipe técnica, o levantamento de todas as variáveis que poderiam influenciar o consumo específico de Gás Natural.

* Contribuição técnica ao 35º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 29º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 13 a 15 de agosto de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

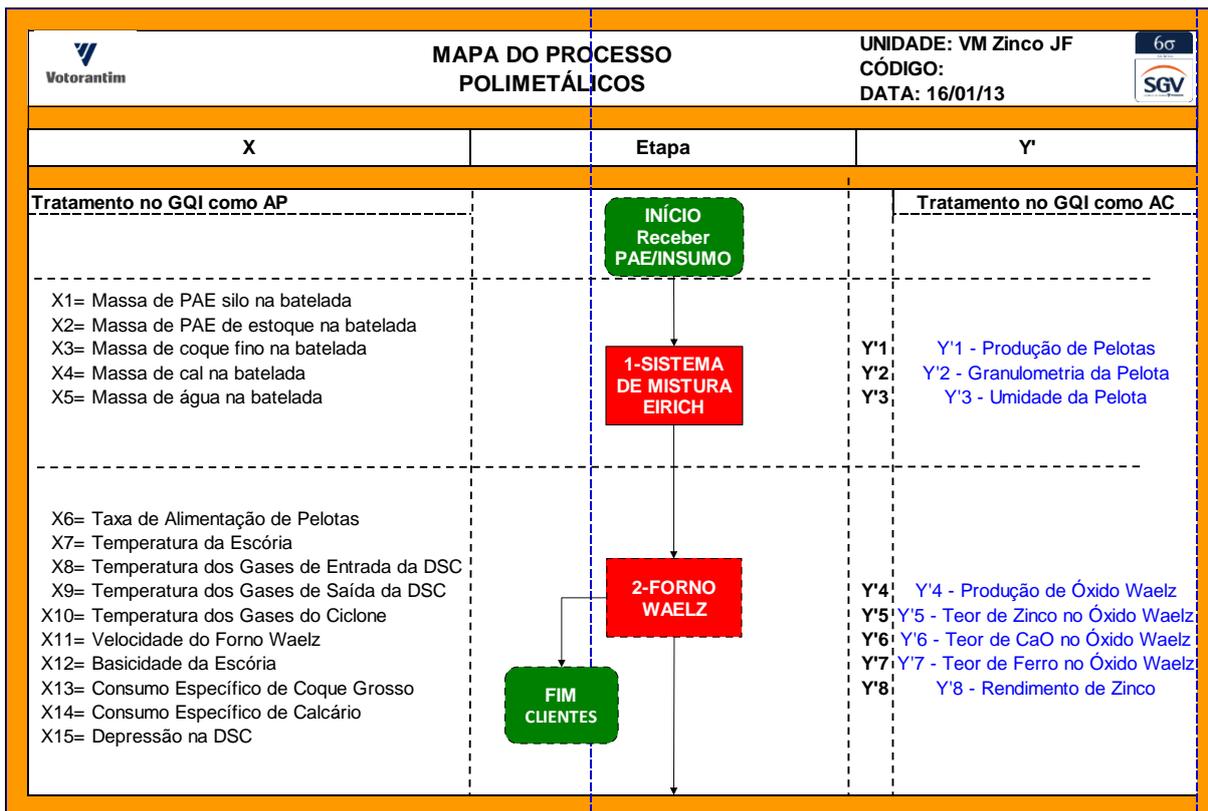


Figura 4. Mapa de Processo do circuito pirometalúrgico.

Após elaboração do Mapa de Processo, utilizaram-se as ferramentas Diagrama Causa e Efeito e Matriz Esforço versus Impacto, para priorizar potenciais fontes de variação que podem descontrolar o processo, resultando na necessidade de utilização do Queimador para manutenção térmica. A figura 5 abaixo apresenta as variáveis priorizadas.

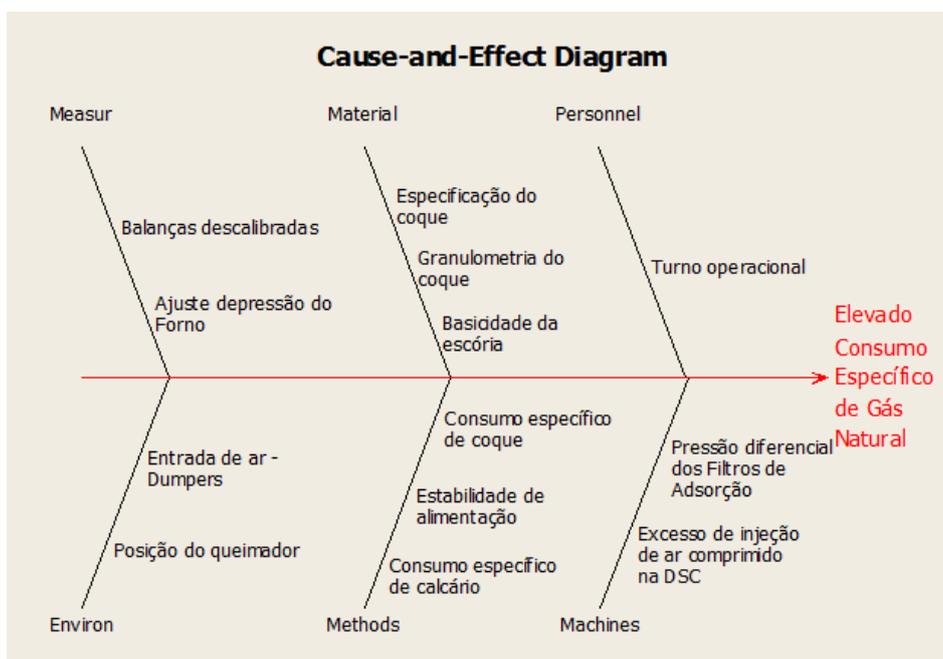


Figura 5. Variáveis de Processo priorizadas.

* Contribuição técnica ao 35º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 29º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 13 a 15 de agosto de 2014, São Paulo, SP, Brasil.



2.2 Caldeira Aalborg

Observando a necessidade de gestão dos dados de consumo de gás na caldeira a equipe de gestão de energia da Unidade, implementou algumas ações para melhoria do controle e redução de custos.

Entre as melhorias na gestão foi desenvolvido um portal de gestão para controle dos consumos por área e por turno de trabalho, de forma a assegurar a redução de desperdícios e falta de acompanhamento da operação, e facilitar o gerenciamento destes dados.



Figura 6. Portal de Gestão de Gás Natural.

Além disso, foi criado um grupo específico dentro da Comissão Interna de Conservação de Energia da Unidade, focado em reduções de consumo de vapor, sendo levantadas várias oportunidades de melhoria.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Forno Waelz

Em busca da validação de cada causa acima priorizada, realizou-se um banco de dados contendo informações para posterior análise estatística. Para as variáveis contínuas, utilizou-se preferencialmente Análise de Regressão. Para variáveis discretas, “Box Plot” e Teste das Variâncias. Para algumas variáveis como, por exemplo, Posição do Queimador, não foi possível gerar dados para análise estatística devido à escassez de informações para tal.

* Contribuição técnica ao 35º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 29º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 13 a 15 de agosto de 2014, São Paulo, SP, Brasil.



3.1.1 Consumo de Gás Natural versus Turno Operacional

De acordo com a figura 6, a variável Turno Operacional, não promove influência no consumo de Gás Natural. Segundo p-value > 0,05 (em destaque), não há correlação estatística.

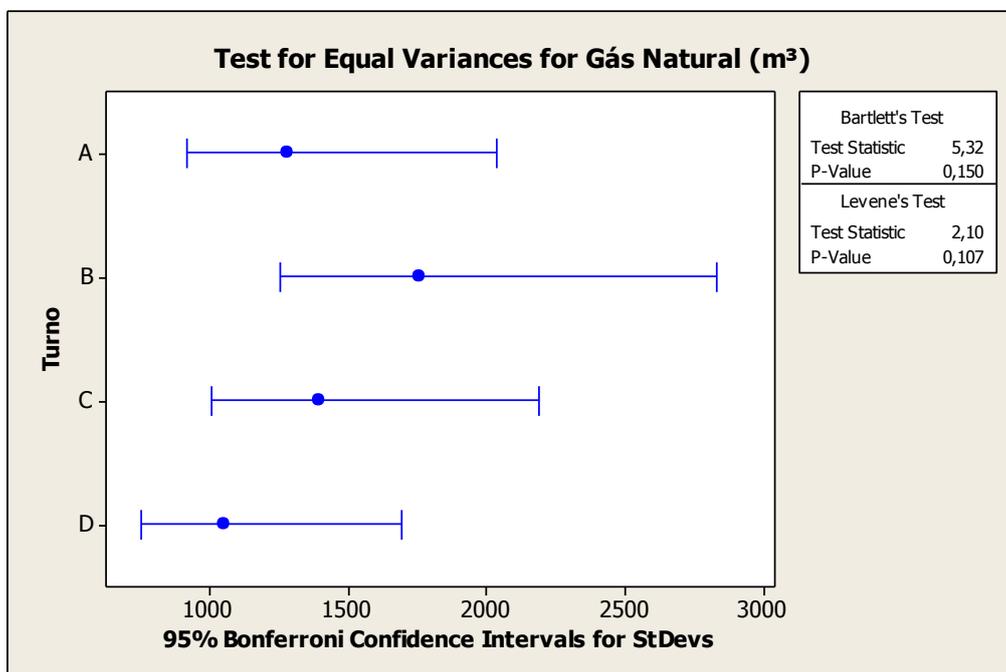


Figura 7. Teste das Variâncias do Consumo de Gás natural versus Turno Operacional

3.1.2 Consumo de gás natural versus basicidade da escória

A figura 7 mostra através de uma regressão linear que não há correlação da Basicidade da escória junto ao Consumo de Gás Natural. Os pontos se apresentam aleatórios, além do R-sq ajustado (em destaque) ser próximo a 0%.

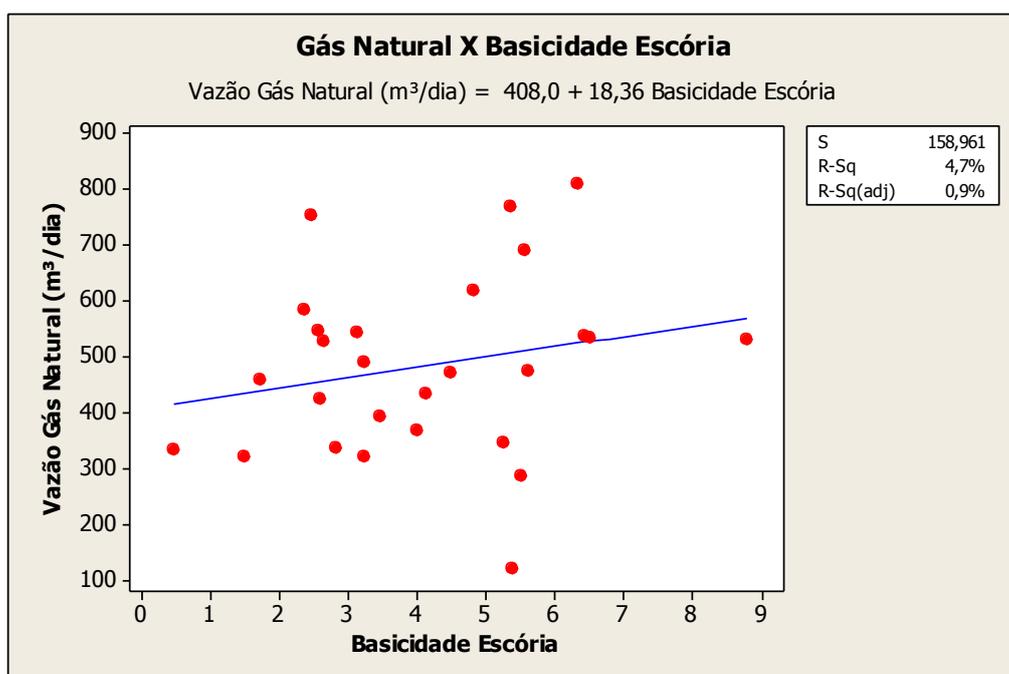


Figura 8. Dispersão Basicidade da Escória versus Consumo de Gás Natural

* Contribuição técnica ao 35º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 29º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 13 a 15 de agosto de 2014, São Paulo, SP, Brasil.



3.1.3 Consumo de gás natural versus consumo de coque grosso

Segundo a figura 8, há correlação positiva entre o consumo específico de Coque Grosso e o consumo específico de Gás Natural, ou seja, quando uma variável se eleva, há uma tendência da outra elevar-se também. É visto em destaque, o R-sq ajustado igual a 36%, indicando uma considerável correlação.

Porém, percebe-se que a variável de entrada consumo de coque grosso não é influente e sim dependente ao consumo de Gás Natural, ou seja, há outra variável causadora das variações de ambas. Estes insumos são utilizados na manutenção térmica do Forno Waelz, se ocorre alguma instabilidade na temperatura, ambos serão ajustados de modo a restabelecer os parâmetros normais de operação, de modo geral, utiliza-se o queimador como ação imediata e eleva-se a alimentação de coque grosso.

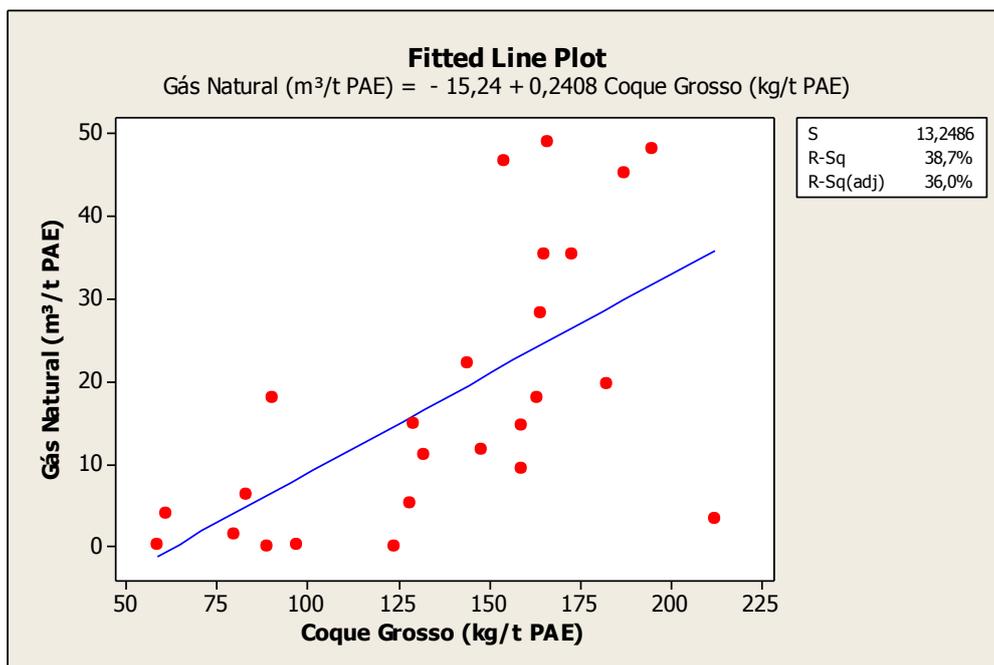


Figura 9. Tendência linear diretamente proporcional do Consumo de Gás Natural versus Consumo de Coque Grosso.

3.1.4 Consumo de gás natural versus consumo específico de calcário

Priorizou-se também, a variável consumo de calcário, visto que a reação endotérmica de descarbonatação do carbonato de cálcio do calcário requer uma grande quantidade de calor para sua realização.



Dessa forma, descontroles na alimentação de calcário e conseqüentemente, excesso de alimentação, poderiam causar perdas térmicas e conseqüentemente a utilização do Queimador.

Porém, segundo a figura 9, não há correlação entre o consumo de Gás Natural e o consumo de Calcário. Os pontos se mostram aleatórios, não apresentando tendência. Além do R-sq ajustado (em destaque) ser igual a 0%.

* Contribuição técnica ao 35º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 29º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 13 a 15 de agosto de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

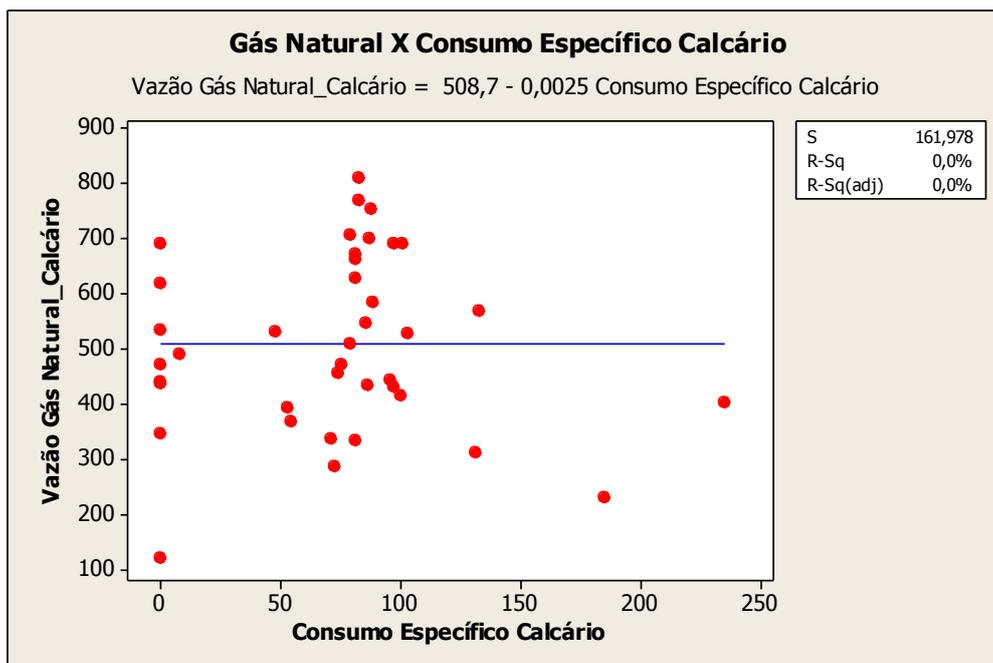


Figura 10. Dispersão Consumo de Gás Natural versus Consumo de Calcário

3.1.5 Consumo de Gás Natural versus Estabilidade de Alimentação

A alimentação de matérias primas no Forno Waelz é um processo contínuo e devido suas características produtivas e necessidade de qualidade, exige estabilidade. Mensurou-se a estabilidade de alimentação utilizando a metodologia de cálculo do IDO (Índice de Desvio Operacional). O IDO é calculado segundo a fórmula abaixo:

$$\text{IDO} = (\text{Desvio Padrão} / \text{Média Aritmética}) * 100\% \quad (3)$$

De posse dos dados de estabilidade de alimentação e consumo de Gás Natural, utilizou-se o método de Regressão linear. Segundo a figura 10, é visto que a estabilidade de alimentação interfere no consumo de Gás Natural, há correlação positiva entre ambas, ou seja, são diretamente proporcionais. Quando o IDO é elevado, ou seja, há instabilidade, eleva-se o consumo de Gás Natural.

Segundo o parâmetro R-sq ajustado (em destaque) igual a 38,1%, as variáveis se correlacionam significativamente.

* Contribuição técnica ao 35º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 29º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 13 a 15 de agosto de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

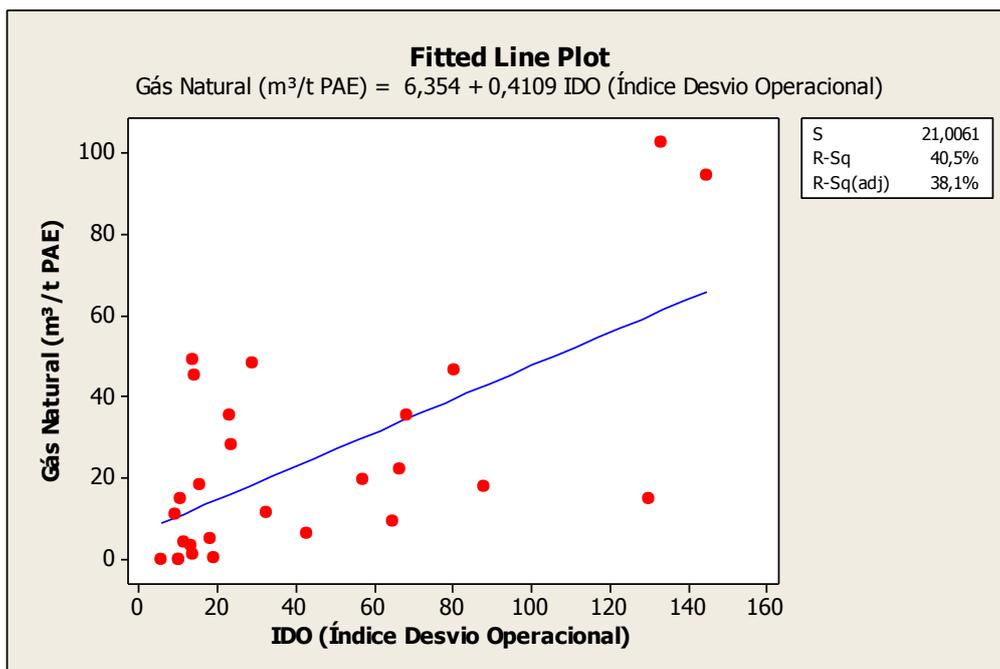


Figura 1 Tendência linear diretamente proporcional do Consumo de Gás Natural versus Estabilidade Operacional.

Diferentemente da variável Consumo de Coque Grosso, a variável estabilidade de alimentação é causa raiz do elevado consumo de Gás Natural. O Forno Waelz exige estabilidade para pleno funcionamento e produção, falhas na alimentação acarretam “zonas vazias” no interior do Forno causando superaquecimentos ou perdas térmicas. Durante as perdas térmicas, a utilização do Queimador é ação imediata para recuperação, acarretando elevado consumo de Gás Natural.

Conclui-se que a estabilidade de alimentação mensurada através do Índice de Desvio Operacional (IDO) possui correlação positiva ao Consumo Específico de Gás Natural, sendo a causa raiz do elevado consumo. Conclui-se também que o Consumo Específico de Coque Grosso possui correlação positiva ao Consumo Específico de Gás Natural, porém ambas são variáveis resposta, ou seja, o consumo de Coque Grosso não causa variações no consumo de Gás Natural.

3.1.6 Ações e controles

Concluído que a estabilidade de alimentação é a causa raiz para o elevado consumo de Gás Natural via Queimador, algumas ações foram realizadas em busca da estabilidade e controle.

3.1.6.1 Controle de consumo de gás natural via PIMS (“plant information management system”)

De acordo com a figura 11, tem-se o controle do consumo de Gás Natural automatizado, de simples acesso e fácil medição.

* Contribuição técnica ao 35º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 29º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 13 a 15 de agosto de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

Seminário de Energia & Utilidades

35º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades & 29º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais

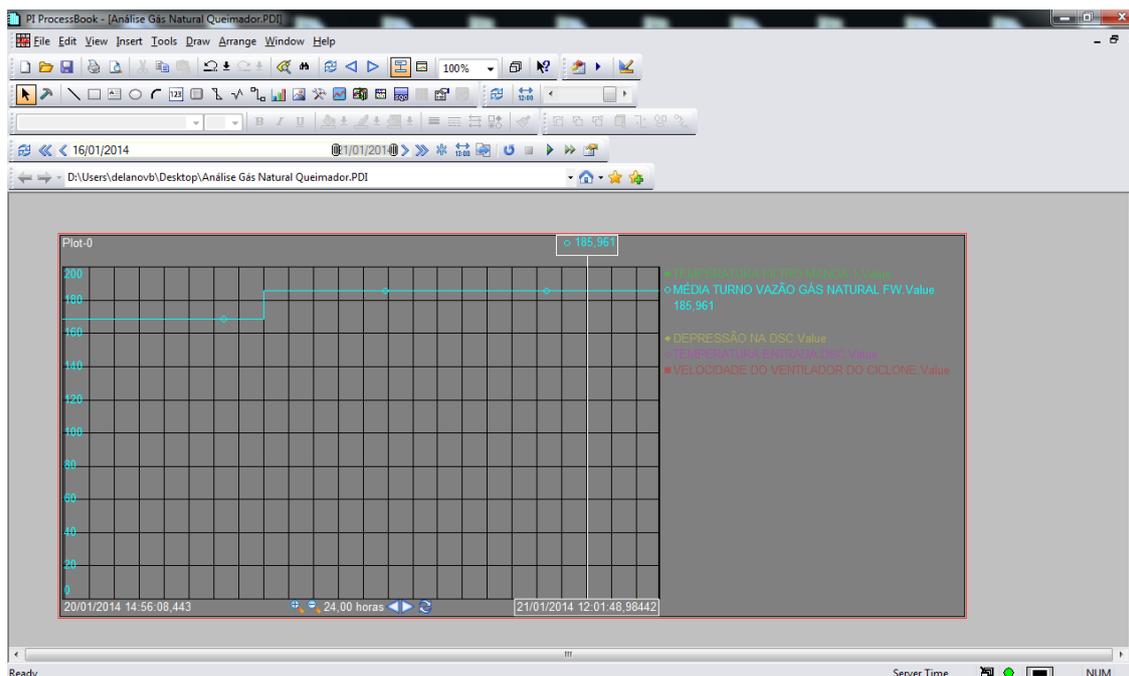


Figura 12. Visualização do consumo de Gás Natural via PIMS (“Plant Information Management System”).

3.1.6.2 Plano de calibração semanal das balanças

Em busca da estabilidade e controle de alimentação, criou-se um plano semanal para calibração das balanças de processo.

3.1.6.3 Implementação da gestão por processo (GPP)

Treinaram-se todos os Operadores Líderes e Técnicos de Painel de Controle para realizar turno a turno a gestão por processo do indicador Consumo de Gás Natural. A figura 12 abaixo ilustra o menu GPP.



Figura 13. Tela de controle do GPP

* Contribuição técnica ao 35º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 29º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 13 a 15 de agosto de 2014, São Paulo, SP, Brasil.



3.1.6.4 Adequação do sistema de alimentação de pelotas do forno Waelz

O sistema de alimentação no Forno Waelz era composto por dois Transportadores Horizontais (elevador de canecos), dois Transportadores de Correia e Silos de Estocagem, este circuito era muito complexo e passível de falhas, as quais acarretavam instabilidades na alimentação. Em busca de simplicidade e estabilidade, o sistema de alimentação foi adequado para apenas um Transportador de Correia e um Transportador Horizontal (elevador de canecos), reduzindo consideravelmente paradas por falhas mecânicas ou elétricas.

3.1.7 Resultados

De acordo com a figura 13 abaixo, percebe-se uma queda considerável no consumo específico de Gás Natural após o início do projeto em abril de 2013. A partir de abril até dezembro de 2013 apresentou-se consumo específico de 14,7m³/t PAE.

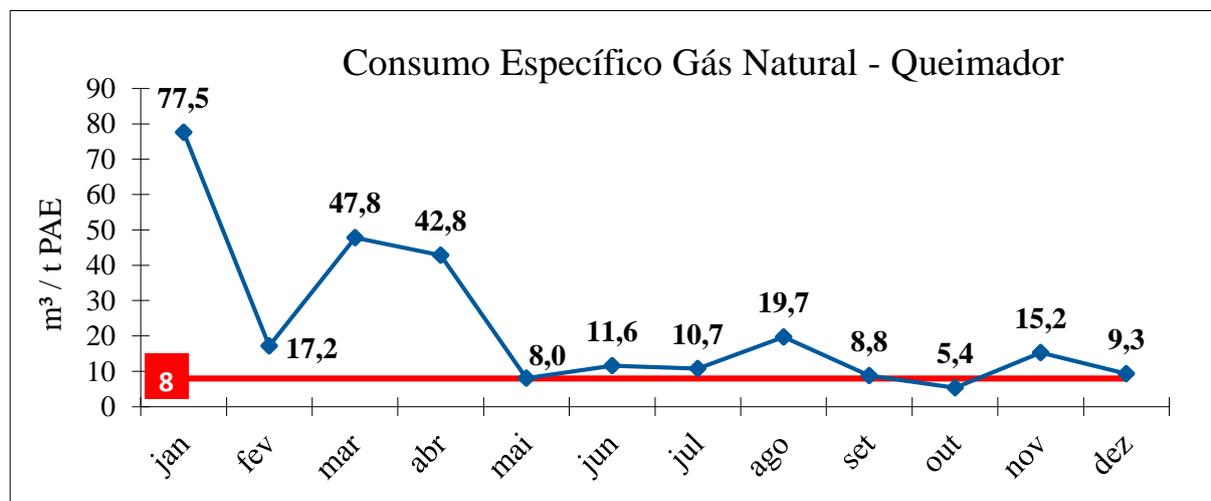


Figura 14. Consumo Específico de Gás Natural 2013

Considerando de acordo com Sistema SAP (“System, Applications and Products in Data Processing”) tem-se a alimentação de PAE no Forno Waelz de abril a dezembro de 2013 de 53.972t, o consumo específico de Gás Natural de 14,7m³/t PAE nestes meses e o preço unitário do m³ de Gás Natural de R\$ 1,04, pode-se então utilizar a fórmula abaixo para realizar o cálculo do custo evitado de acordo com o histórico base de consumo de janeiro a março de 2013 de 42,6m³/t PAE.

$$\text{Custo Evitado} = (\text{Realizado base} - \text{Realizado Projeto}) [\text{m}^3/\text{t}] * \text{Alimentação de PAE realizada} [\text{t}] * \text{Preço médio do m}^3 [\text{R}\$/\text{m}^3] \quad (4)$$

Tem-se o custo evitado de R\$ 1.566.051,55 após a realização do projeto. Reduziu-se o consumo específico desde então realizado de 42,6m³/t PAE, para 14,7m³/t PAE, ou seja, redução de 27,9m³/t PAE.

3.2 Caldeira Aalborg

Após a implementação das ações de monitoramento dos dados da caldeira Aalborg, constatou-se que existia uma geração de vapor acima da demanda da planta, devido à falta de controle na modulação do queimador.

Dessa forma, a operação foi orientada a fazer a modulação da geração de vapor na caldeira conforme pressão dos principais consumidores de vapor.

* Contribuição técnica ao 35º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 29º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 13 a 15 de agosto de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

Seminário de Energia & Utilidades

35º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades & 29º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais

Com essa ação, foi possível desligar um dos queimadores da caldeira, sem perder a qualidade e volume necessários de vapor para a planta.

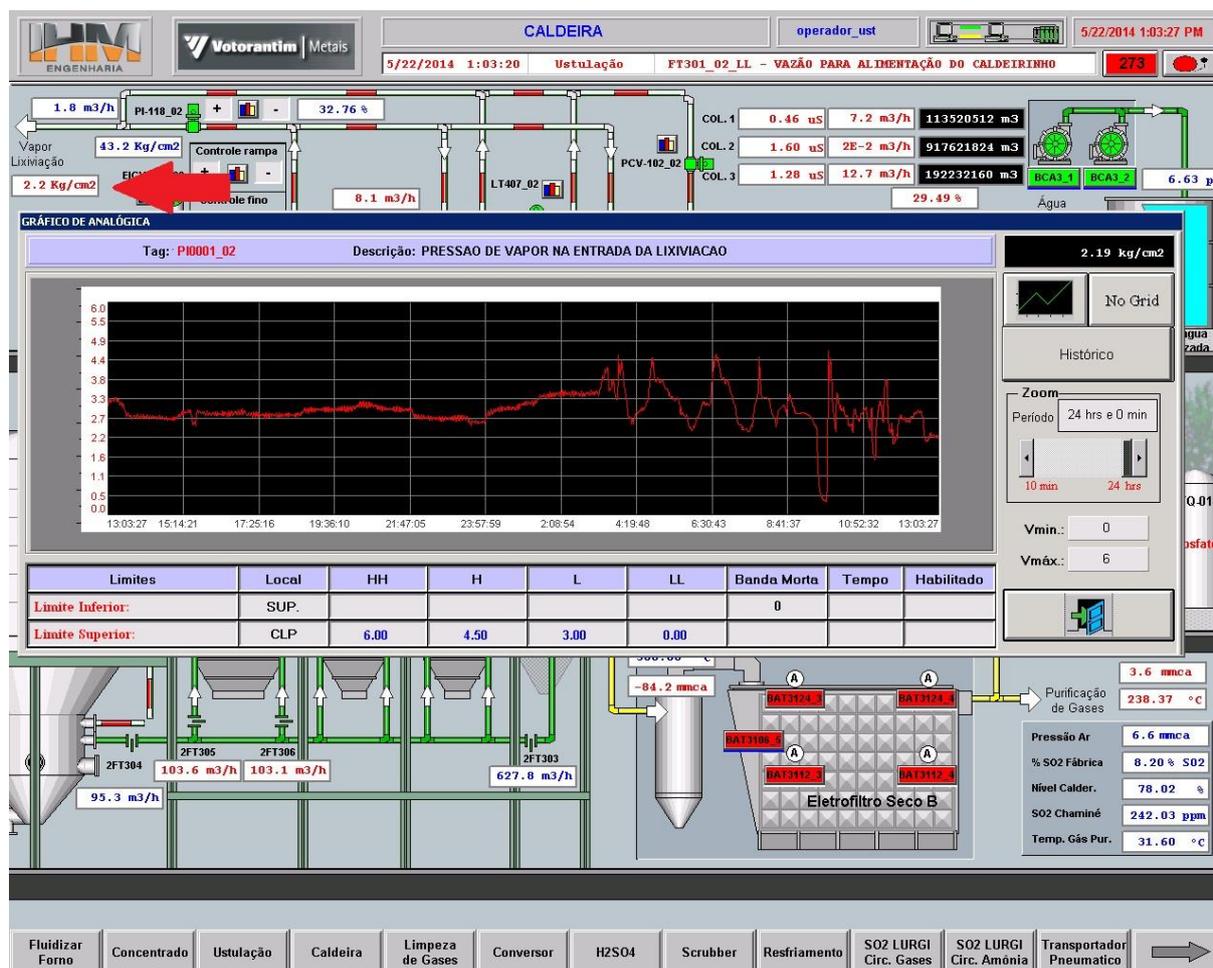


Figura 15. Supervisório Caldeira

4 CONCLUSÃO

O trabalho realizado mostrou a importância do monitoramento e gestão do consumo de energéticos.

Simple ações com gestão e análises mais detalhadas levantaram grandes oportunidades, gerando ações sem investimento e que resultaram em uma redução do consumo específico de gás natural da unidade em 17%, e um lucro acima de R\$ 1 milhão/ano.

A implantação do grupo para análise do consumo térmica na unidade também levantou uma carteira com diversos projetos, que contribuirão para uma maior redução do consumo específico térmico da unidade.

Agradecimentos

O projeto de redução do consumo de gás natural que foi realizado na Unidade de Juiz de Fora da Votorantim Metais contou com a participação e envolvimento de várias áreas, nos quais deve-se o devido agradecimento. Citamos a equipe de energia da Unidade formada por Samuel Lima, Janaina Lauro e Rafael liderada pelo engenheiro Geraldo Magela dos Santos Dias, a equipe de operação da Caldeira formada por

* Contribuição técnica ao 35º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 29º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 13 a 15 de agosto de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

Seminário de Energia & Utilidades

35° Seminário de Balanços Energéticos
Globais e Utilidades & 29° Encontro de
Produtores e Consumidores de Gases Industriais



Alexandre Matias, Silvanito Castro, Leonel Souza, Adalry Reis e José Carlos Vieira, a equipe de operação da área de Polimetálicos liderada pelo engenheiro Delano Vaz e a equipe de tecnologia representada na pessoa do engenheiro Daniel Henrique Soares, que prestou todo apoio necessário.

REFERÊNCIAS

O relatório foi redigido a partir de documentos internos da Votorantim Metais.

* *Contribuição técnica ao 35° Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 29° Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 13 a 15 de agosto de 2014, São Paulo, SP, Brasil.*