

GARANTIA DA CONFIABILIDADE E PERFORMANCE DOS SISTEMAS DE MEDIÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO DA ARCELORMITTAL TUBARÃO¹

Paulo Roberto Bourguignon Corneau²

Renato Vieira Lacerda³

Cláudio Antunes de Oliveira⁴

Luiz Renato Ferreira Gusmão⁵

Resumo

Atualmente diversos setores da indústria têm demonstrado grande interesse e preocupação com as taxas de emissões atmosféricas oriundas dos processos produtivos, dentre elas destacamos a emissão de material particulado. A Confiabilidade e Performance desses sistemas está associada à escolha de uma estratégia de manutenção capaz de maximizar a disponibilidade das medições. Para a Confiabilidade e Performance de um sistema de medição de material particulado, dependemos basicamente de três fatores: equipamento, amostragem e métodos de calibração adequados. Desta forma, esse trabalho apresenta a metodologia de calibração, as melhores práticas adotadas e os recursos de manutenção desenvolvidos na parceria entre a ArcelorMittal Tubarão e a SindusAndritz. Os resultados desse trabalho são: garantia de medição confiável das emissões de particulados, performance dos instrumentos, credibilidade junto aos Órgãos Ambientais e na Comunidade e contribuição para a sustentabilidade do negócio da Empresa.

Palavras-chave: Confiabilidade; Performance; Material particulado; Manutenção.

WARRANTY OF THE RELIABILITY AND PERFORMANCE OF THE SYSTEMS OF PARTICULATE MATTER MEASUREMENT OF ARCELORMITTAL TUBARÃO

Abstract

Nowadays several sections of the industry have been demonstrate great interest and concern with the atmospheric emissions coming from process, in special the emission of particulate. The reliability and performance of those systems are associated with a correct maintenance strategy to maximize the availability of the measurements. The reliability and performance of a particulate measurement system, also depends basically of three factors: equipment, sampling and appropriate calibration methods. Therefore, that work presents the calibration methodology, the best adopted practices and the maintenance resources developed in the partnership between ArcelorMittal Tubarão and SindusAndritz. The results of that work are: reliability of particulate measurements, performance of the instruments, company credibility (with the Environmental Organs and the Community) and contribution for the company business sustainability.

Key words: Reability; Performance; Particulate matter; Maintenance.

¹ *Contribuição técnica ao 64º Congresso Anual da ABM, 13 a 17 de julho de 2009, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

² *Gerente de Área de Serviços de Manutenção Elétrica – ArcelorMittal Tubarão.*

³ *Técnico de Planejamento e Programação de Manutenção Elétrica - ArcelorMittal Tubarão.*

⁴ *Engenheiro Especialista em Instrumentação Analítica – SindusAndritz.*

⁵ *Gerente de Contrato – SindusAndritz.*

1 INTRODUÇÃO

No processo produtivo de uma usina siderúrgica, a geração de material particulado (poeira) é uma condição inevitável, o que difere as empresas são os sistemas de despoeiramento, ou seja, os sistemas de captação desse material. Para avaliar o quão eficaz é um sistema de despoeiramento, temos que “medir” o material na sua saída, normalmente em chaminés.

Essa medição é realizada pelo instrumento Monitor de Material Particulado, e para garantia da confiabilidade dessa medição com performance dos instrumentos, é praticado pela ArcelorMittal Tubarão procedimentos de calibração regido por duas Normas Ambientais Internacionais, PS 11:2004 - Performance Specification e VDI 2066 – Particulate Matter Measurement, e procedimentos de manutenção com foco em manutenção por conjunto, incluindo práticas resultantes de melhorias implementadas e recursos de softwares para acompanhamento dos instrumentos e das medições.

Nesse contexto, são apresentados os procedimentos atuais de calibração, comparando com os anteriores, incluindo explanação básica do funcionamento dos instrumentos, os softwares utilizados, enfatizando os ganhos de informação e o uso dessas informações nos procedimentos de calibração e manutenção dos instrumentos, e os critérios para a prática da manutenção por conjunto.

2 PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO E AMOSTRAGEM ISOCINÉTICA

Os principais instrumentos utilizados no monitoramento ambiental da ArcelorMittal Tubarão operam pelos princípios da opacidade e dispersão de luz. No princípio de funcionamento pela opacidade, ilustrado na Figura 1, um feixe de luz é dirigido à amostra (partículas) onde é absorvido em parte e medido posteriormente. A diferença entre a luz original e a luz absorvida é função da opacidade que por sua vez está relacionada com a concentração de particulados.

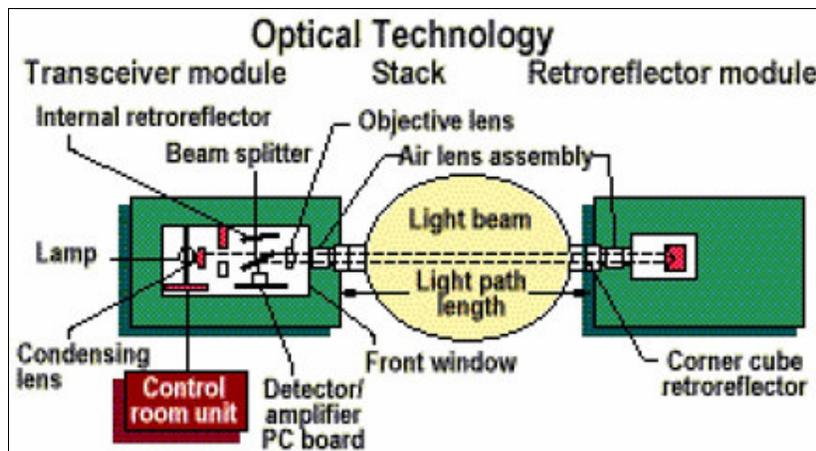


Figura 1. Método Opacidade

Ao contrário do anterior, no princípio de funcionamento pela dispersão de luz, temos também um feixe de luz emitido na direção das partículas, porém, neste caso, a concentração de material particulado está relacionada à quantidade de luz dispersa pelas partículas, a qual é medida por meio de um receptor conforme ilustrado na Figura 2.

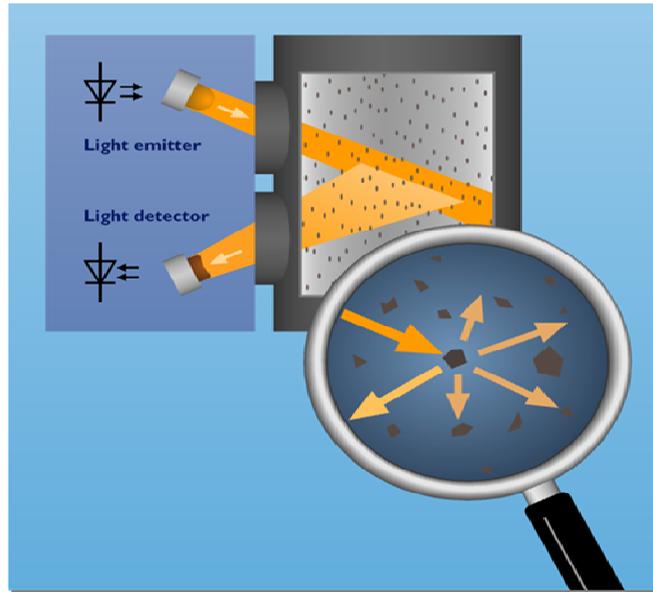


Figura 2. Método Dispersão de luz

Como a opacidade e a dispersão de luz são os dados físicos medidos pelos instrumentos é necessário correlacionar este dado físico com a concentração de material particulado, de fato emitido pela chaminé, para calibrarmos os instrumentos de forma que o mesmo apresente o valor de concentração de material particulado em mg/Nm^3 . Para estabelecimento desta correlação é necessário a realização de uma amostragem isocinética (próximo ao local de instalação do instrumento na chaminé) para avaliação dos níveis de emissão de particulados de um determinado processo (Figura 3).

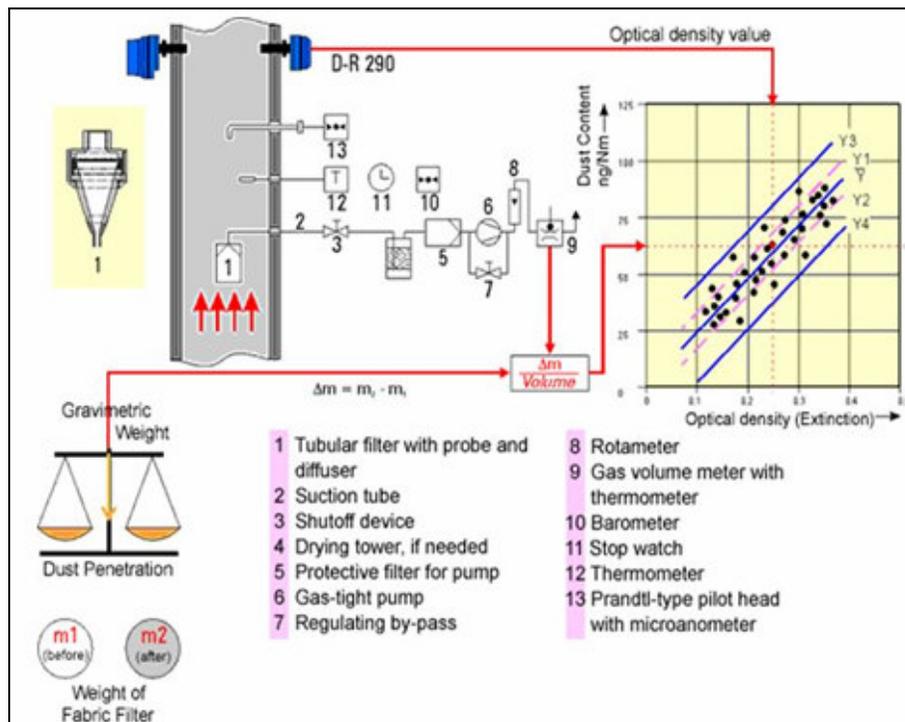


Figura 3. Medição Isocinética

O objetivo da medição isocinética é extrair do processo, por um determinado tempo (uma hora por coleta), um determinado volume de gás contendo uma determinada massa de material particulado, bem como são medidas também grandezas tais como: temperatura, vazão, pressão e umidade desse gás amostrado. Por fim, o resultado desta medição constitui-se o padrão rastreável para calibração do monitor de particulados, através da elaboração de uma curva de correlação (Figura 4).

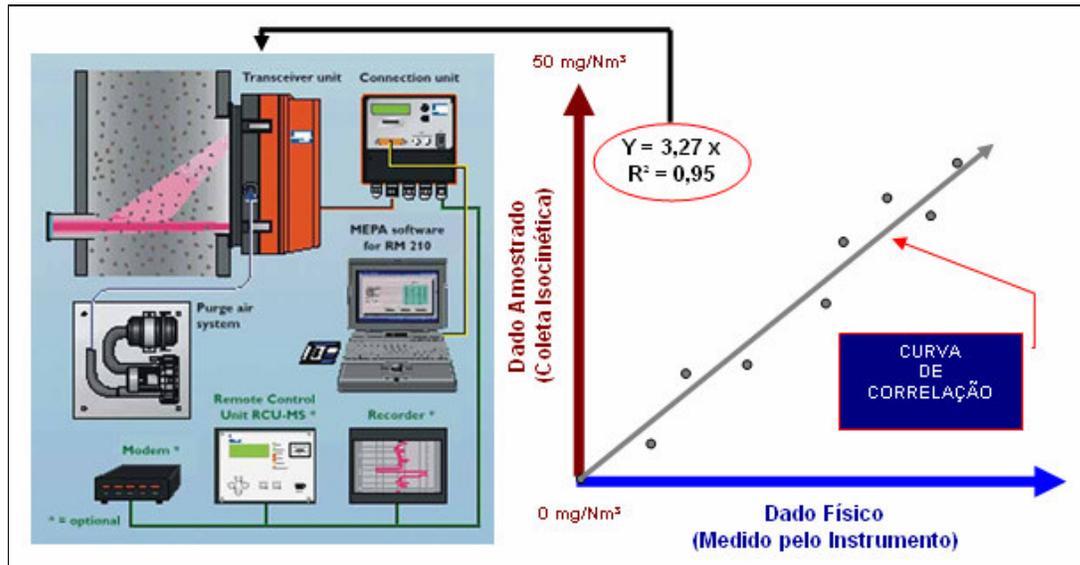


Figura 4. Correlação dos dados

A curva de correlação elaborada pode assumir três tipos distintos, as quais estão ilustradas na Figura 5:

- curva linear (preta) com o par ordenado (0,0);
- curva linear (verde) sem o par ordenado (0,0); e
- curva quadrática (vermelha).

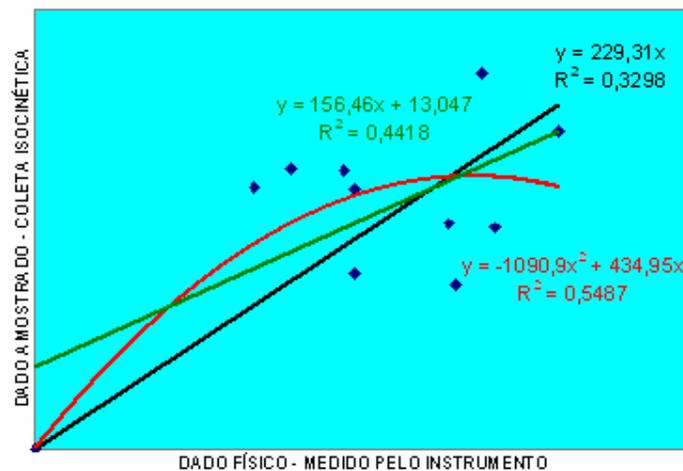


Figura 5. Curvas de correlação.

3 PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

3.1 Garantia de Condições Operacionais Normais (Representatividade dos Dados Amostrados)

Como a medição isocinética é realizada de forma pontual, ou seja, retrata uma condição momentânea do processo, é necessário garantir que as condições operacionais estejam estáveis e dentro das condições operacionais consideradas normais.

Isto se deve ao fato de que, a calibração de um monitor de particulado, não é similar à calibração, por exemplo, de um analisador de gás, que possui um gás padrão (medida materializada) definido de acordo com o range do instrumento; por isso, é necessário gerar “um padrão” que represente as condições operacionais da planta.

Desta forma, para a garantia de condição normal e representativa do processo produtivo para a execução da medição isocinética, foi adotado um documento, um “check list de isocinética”, para que todos os envolvidos, operação e equipes de manutenção dos sistemas de despoeiramento, atestem que as condições operacionais estejam normais. Com esse procedimento é garantido que a medição isocinética apresente dados válidos e confiáveis para a elaboração da curva de correlação. A aprovação desse documento é pré-requisito para a execução da medição isocinética.

Com os dados válidos e confiáveis de acordo com o processo produtivo, inicia-se a elaboração da curva de correlação.

Nota: Em função da diversidade de matérias primas que são processadas, é necessária a avaliação da influência da partícula gerada (material particulado) na leitura do instrumento.

3.2 Critérios para Elaboração da Curva de Correlação

3.2.1 Conceitos gerais

Para a elaboração da curva de correlação, também esclarecemos outros termos que citaremos no decorrer desse trabalho:

- par ordenado (0,0): considerado condição de laboratório, onde a correlação é zero para a massa de material particulado e zero para o dado físico do instrumento;
- curva de correlação: citamos três modelos, linear com par (0,0), linear sem par (0,0) e quadrática; o modelo de curva deve ser aplicado conforme a correlação entre os dados amostrados;
- coeficiente de correlação - R: avalia a dispersão sem o par (0,0) dos dados válidos utilizados para elaboração da curva de correlação; e
- coeficiente de correlação - R²: avalia a dispersão dos dados válidos utilizados na elaboração da curva de correlação para aprovação da mesma.

3.2.2 Descarte de pontos

O descarte de pontos aplicado durante a elaboração da curva de correlação tinha o objetivo apenas de atingir um $R^2 > 0,90$ e era feito de forma aleatória (Figura 6). Foi observado que se corria o risco de descartar dados válidos.

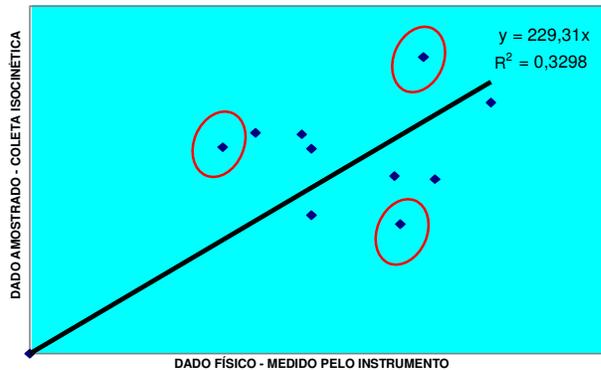


Figura 6. Descarte aleatório de dados amostrados

Desta forma, foi definido a aplicação dos intervalos de confiança e tolerância para orientar o descarte de pontos (Figura 7) de forma que o descarte não seja feito de maneira aleatória, impactando na representatividade da curva elaborada.

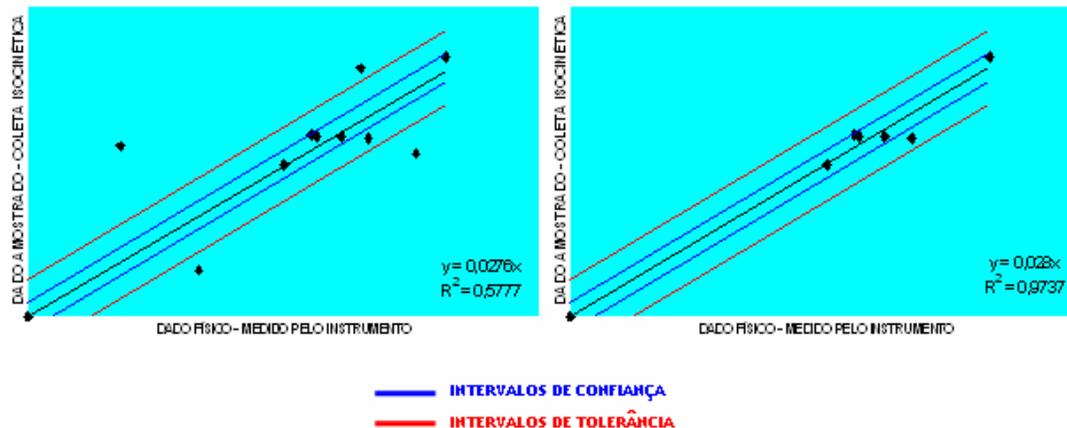


Figura 7. Intervalos de Confiança e Tolerância.

3.2.3 Coeficiente de correlação (R) mínimo

Após a elaboração da curva de correlação não era avaliado os dados "considerados válidos" (após a aplicação do descarte de pontos) para garantir uma correlação mínima e aceitável sem o par (0,0) para a curva elaborada. Desta forma, foi definido um coeficiente de correlação (R) mínimo de 0,75 (Figura 8) para avaliação dos dados válidos.

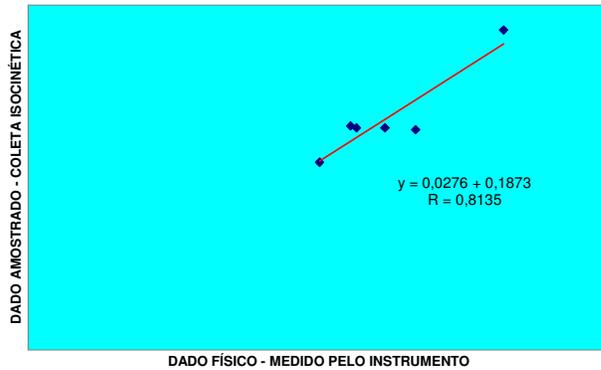


Figura 8. Curva de correlação com $R \geq 0.75$.

Com a implantação deste critério foi eliminada a condição de uma curva de correlação apresentar um $R^2 > 0,90$ com o par (0,0) e em uma análise sem o par (0,0) indicar falta de correlação dos mesmos (Figuras 9 e 10, respectivamente).

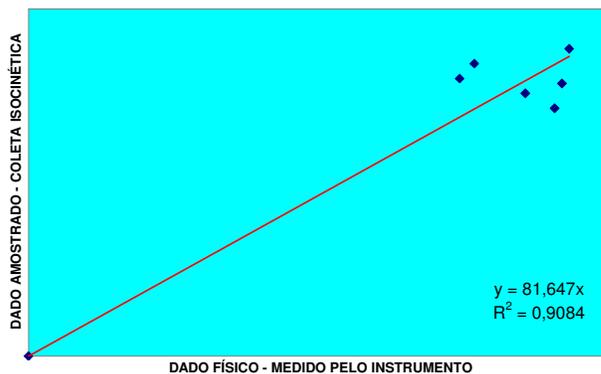


Figura 9. Curva de correlação sem aplicação.

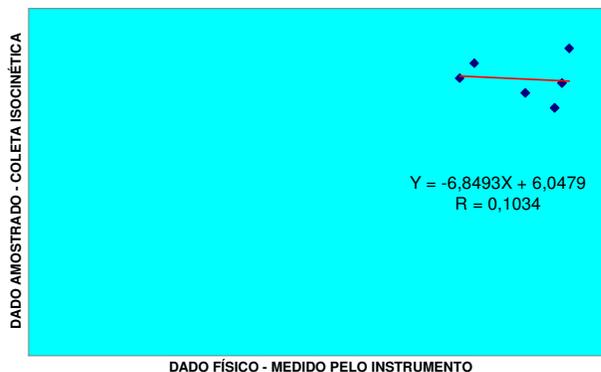


Figura 10. Curva de correlação utilizando o par (0,0).

3.2.4 Curva de correlação sem o par (0,0)

Em determinados processos, a correlação da concentração de material particulado e o dado físico medido pelo instrumento são mais bem representado por uma curva sem o par (0,0), devido características específicas (Figura 11). Porém o impeditivo de se usar uma curva sem o par (0,0) é o valor do coeficiente linear que

pode ser significativo, por este motivo, este coeficiente deve ser limitado através de alguns critérios.

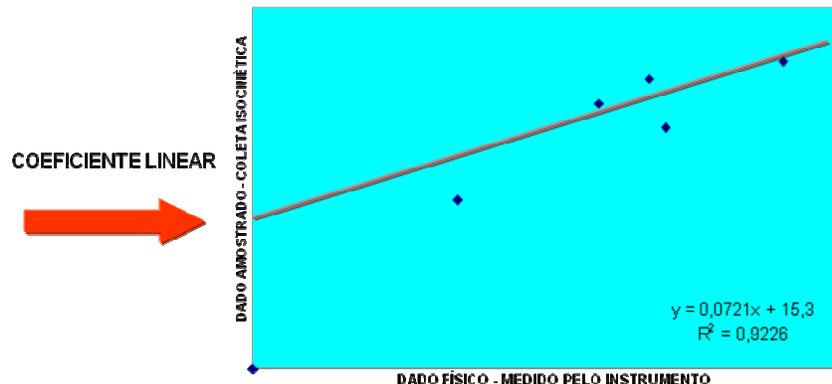


Figura 11. Exemplo de coeficiente linear na curva de correlação.

Portanto foi adotado um critério de limitação do coeficiente linear baseado na faixa de medição do instrumento (range) e no menor valor dos dados amostrados conforme ilustrado na Figura 12. Neste caso, o valor desse coeficiente linear não pode ser superior a 50% do menor valor amostrado (1,4 mg/Nm³) e 5% do range de medição (2,5 mg/Nm³).

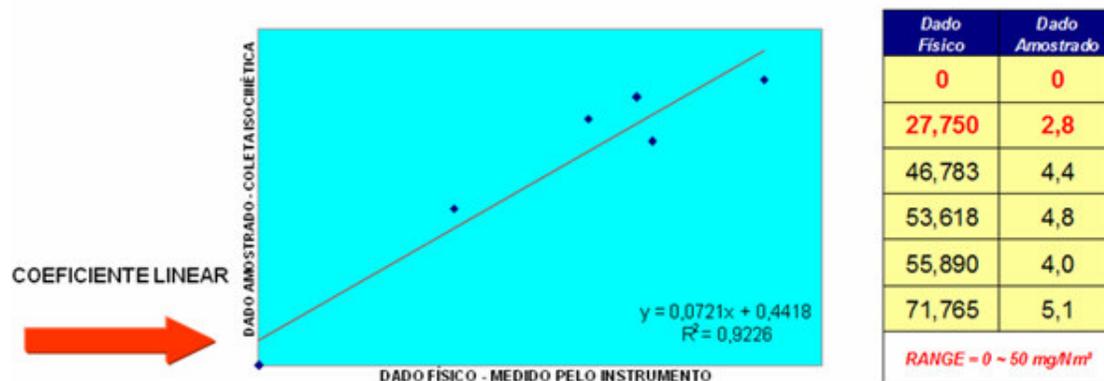


Figura 12. Coeficiente linear com critério.

Caso algum desses critérios não for atendido, é programada nova amostragem isocinética, com reavaliação das condições operacionais, e iniciado novo processo de elaboração da curva.

Uma vez que a curva de correlação elaborada atenda aos critérios definidos, efetua-se o ajuste do instrumento. Esta calibração é revisada periodicamente ou em caso de mudanças das condições operacionais de produção ou do equipamento de controle ambiental.

4 FERRAMENTAS DE MANUTENÇÃO

Além dos procedimentos comuns de um processo de manutenção, manutenção preventiva, inspeção preditiva, inspeção sensível e acompanhamento de indicadores de manutenção, são utilizados mais recursos nesse processo. O

acréscimo desses recursos visa a alta disponibilidade dos monitores de particulado, com garantia de performance.

4.1 PIMS (Process Information Management System)

Sistema supervisor das variáveis do processo produtivo em que o monitor de particulado está inserido. Essa ferramenta é importantíssima pela condição de concentrar e armazenar uma massa de dados do processo, permitindo transformá-las em informações que podem ser utilizadas em análises para diagnósticos de possíveis falhas do monitor de particulado (Figuras 13 e 14). Exemplos de variáveis monitoradas que correlacionam com a emissão de material particulado: pressão, vazão e temperatura.

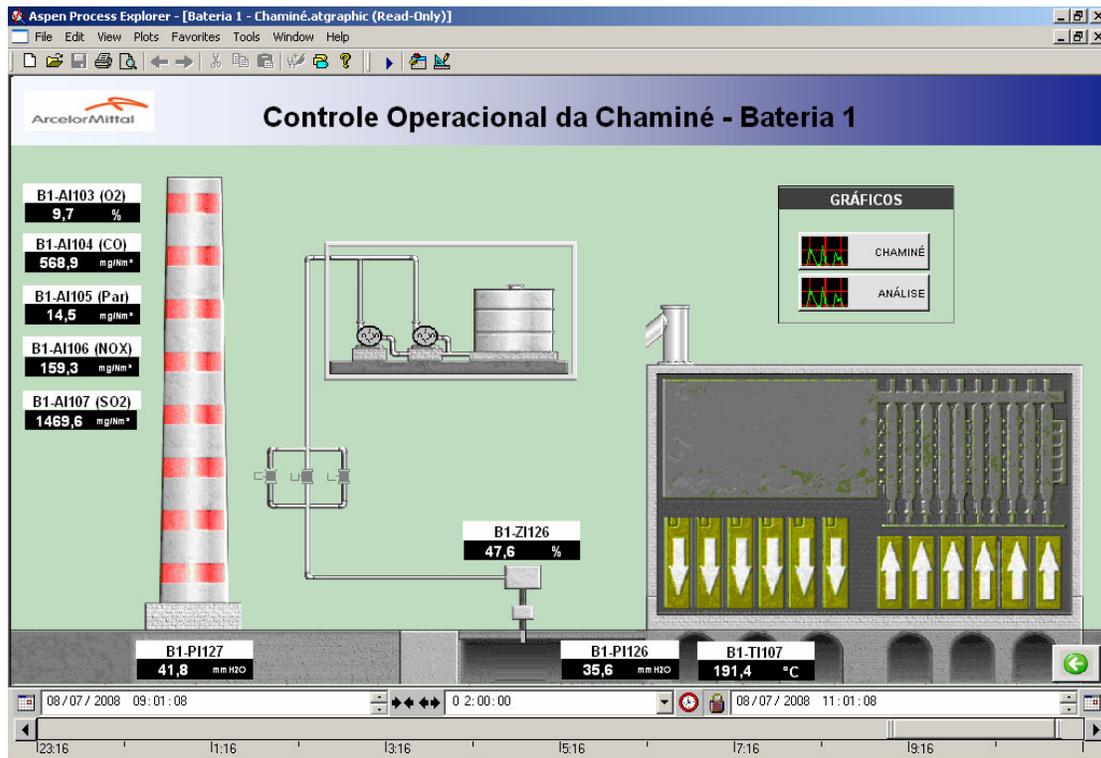


Figura 13. Tela do PIMS.

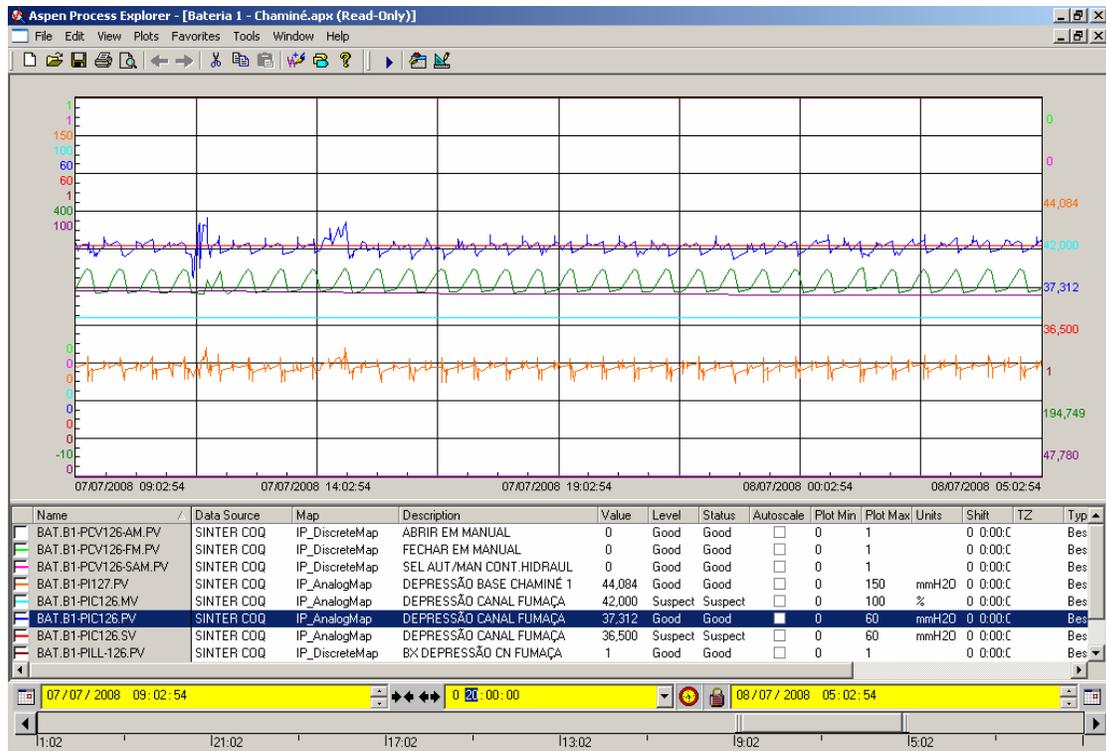


Figura 14. Tela do PIMS.

Isto significa que, em casos de variações na leitura do monitor de particulado, é comparado com as variações das demais grandezas do processo que possuem correlação com a emissão de material particulado. Caso as variações respeitem um padrão conhecido, relacionado a alguma condição de processo, não é adotado nenhuma ação pelas equipes envolvidas, caso as variações não ocorram dessa forma, inicia-se o procedimento de análises para definição das ações das equipes envolvidas: manutenção e operação.

4.2 SMS (Sistema de Monitoramento)

Enquanto o PIMS está vinculado á operação das áreas (podendo ser utilizado pela equipe de manutenção para diagnósticos), o SMS foi elaborado como uma ferramenta complementar, utilizando a mesma plataforma, para monitoramento apenas dos instrumentos de monitoramento ambiental: monitores de particulado e analisadores de gases.

Essa ferramenta permite à equipe de manutenção um acompanhamento *on line* dos instrumentos, otimizando os diagnósticos de falhas e com isso agilizando o processo de manutenção (Figura 15).

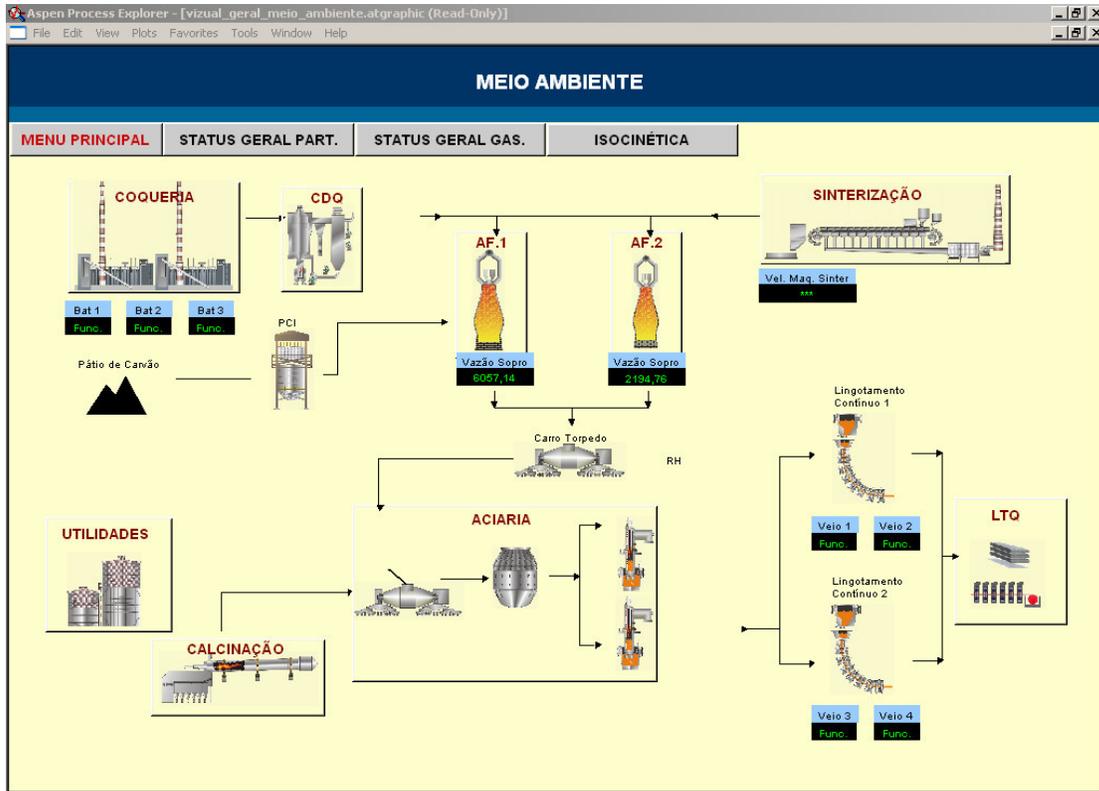


Figura 15. Tela do SMS.

Neste sistema foi incluído um recurso adicional para apoio à equipe de manutenção: notificação via e-mail para a equipe em casos de falhas ou emissões fora dos limites legais (Figura 16). Também um recurso importantíssimo para a atuação da equipe de manutenção cada vez mais eficaz.

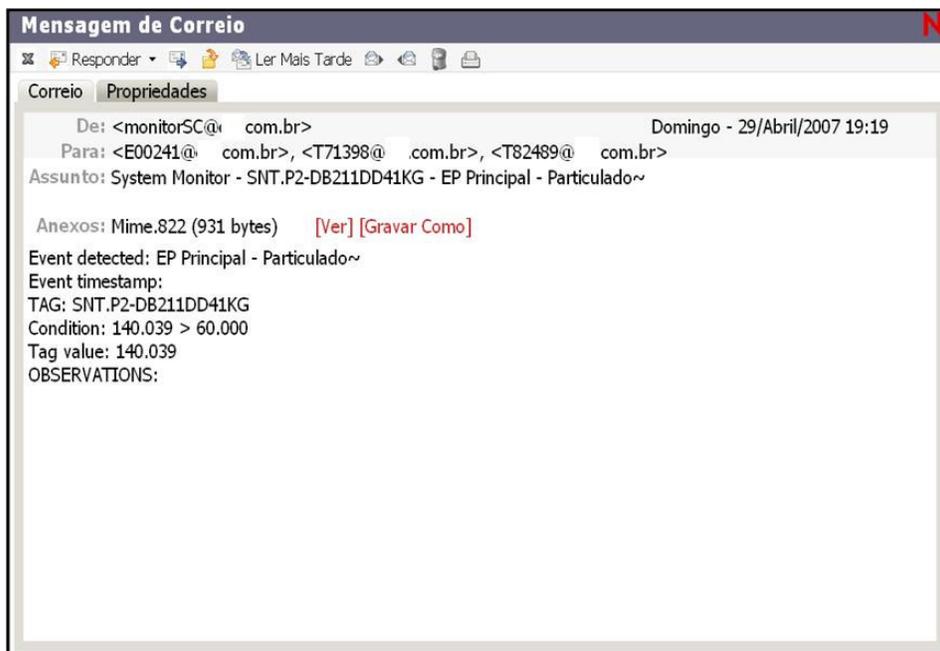


Figura 16. Notificação via e-mail.

4.3 Filtros com Opacidade Definida

Ao buscar recursos para avaliar diretamente o instrumento monitor de particulado, a equipe de manutenção verificou que esses instrumentos possuíam a condição de utilização de filtros padrões com opacidade definida (Figura 17).

Com mais esse recurso é possível a verificação periódica da linearidade e repetibilidade dos instrumentos, comparando o desempenho dos mesmos, com os padrões de referência fornecidos pelo fabricante.

FILTROS COM OPACIDADE DEFINIDA



Figura 17. Filtros padrão.

4.4 Manutenção por Conjunto

A manutenção por conjunto é aplicável tanto em manutenções preventivas como em manutenções corretivas, visando sempre a redução do tempo de intervenção, o prolongamento da vida útil dos instrumentos e redução do tempo de exposição, dos executantes dos serviços de manutenção, à determinados riscos.

Para aplicar este conceito, foram avaliados os seguintes critérios: criticidade, viabilidade econômica, estratégia da manutenção e investimento.

Como a descontinuidade da medição da emissão do material particulado é item crítico para a empresa, pois recebe cobrança dos órgãos ambientais e necessita apresentar a devida justificativa, então a disponibilidade dos instrumentos é item estratégico da equipe de manutenção.

Para o total de instrumentos que a empresa possui instalados, total de trinta e seis, e a criticidade descrita, o investimento financeiro na aquisição de instrumentos reservas é viável economicamente por manter a credibilidade de suas ações junto aos órgãos ambientais e em consequência com a comunidade no seu entorno.

Como investimento também está incluído o investimento na segurança dos executantes dos serviços de manutenção. Os monitores de particulado da empresa estão instalados em chaminés, com alturas dos locais de instalação, variando de 15 metros a 80 metros de altura, e qualquer redução no tempo de exposição ao risco altura é ganho na segurança do executante.

Portanto em casos de intervenções, por exemplo, de uma falha que não se consegue um diagnóstico no período máximo de uma hora, é iniciado o procedimento de substituição do instrumento (conjunto). Dessa forma mantemos a indisponibilidade o mínimo possível e reduz o tempo de atividade na chaminé, disponibilizando a medição e concluindo a manutenção do instrumento substituído em bancada, com eliminação do risco altura.

5 RESULTADOS

Dentre os indicadores acompanhados, alguns representam diretamente a confiabilidade e performance dos instrumentos, inclusive são acompanhados pelos nossos clientes por meio de relatórios semanais e mensais, sendo esses clientes a área operacional (produção), as equipes responsáveis pelos equipamentos de despoeiramento e a gerência de Meio Ambiente da Empresa.

A seguir uma planilha de acompanhamento “real” dos indicadores (Figura 18).

Nessa figura, são apresentados os resultados dos últimos 12 meses, em que a disponibilidade dos instrumentos é maximizada, ou seja, sendo afetada basicamente pelos procedimentos de manutenção preventiva; sem registro de não conformidade perante os órgãos ambientais, cumprimento do plano de calibração dos instrumentos e não ocorrência de não conformidades apontadas pelos clientes. Ressalto que, para o indicador de disponibilidade, o procedimento de manutenção por conjunto contribui de forma considerável para manter os níveis de disponibilidade atuais, visto que o tempo para as intervenções de manutenção corretiva são reduzidos.

INDICADORES DE DESEMPENHO																
PROCESSO: MANUTENÇÃO NOS EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO AMBIENTAL																
SINDUS ANDRITZ																
Indicadores de Desempenho	Processo	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Meta	Tendência	Ação
Não ocorrência de Acidentes Pessoais ou Ambientais	Manutenção e Calibração nos Equipamentos de Monitoramento Ambiental	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	= 0	III	↔
Disponibilidade Média dos Equipamentos de Monitoramento Ambiental		99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,76	99,9	99,9	99,9	99,9	>= 99,7 %	III	↔
Não conformidades que impactem a ArcelorMittal Tubarão perante os órgãos ambientais		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	= 0	III	↔
Cumprimento do Plano de Calibração Metrológico		70,3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	= 100 %	III	↔
Não ocorrência de não conformidades que impactem na confiabilidade dos instrumentos		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	= 0	III	↔
Índice de manutenção corretiva (em emergência)									0,43	1,04	2,16	1,16	1,67	1,19	< 10 %	III
LEGENDA		AÇÃO												DATA	RESPONSÁVEL	
Tendência de Melhorar ↑		Janeiro- As calibrações de 22 detectores fixos de CO ₂ foram reprogramados para a semana 06 (Fevereiro), em função de ocorrência de chuvas na semana 05 (Janeiro).														
Tendência de Manter ↔																
Tendência de Piorar ↓																

Figura 18. Indicadores de Desempenho.

Citamos também outros ganhos como resultados diretos dos procedimentos e ferramentas descritos nesse trabalho:

- conformidade com as Normas Internacionais PS 11:2004 - Performance Specification e VDI 2066 – Particulate Matter Measurement;
- credibilidade junto aos Órgãos Ambientais e à Comunidade, de acordo com a Política Ambiental da ArcelorMittal Tubarão;
- tempo Médio Para Reparo – TMRP de 2,6 horas; e
- referência para o processo produtivo, pois a indicação é vinculada à estabilidade operacional.

6 DISCUSSÃO

Todo processo que precisa ser melhorado, precisa ser medido. Se a medição não for confiável, os resultados também não serão.

Baseado nessa premissa, as equipes de manutenção de toda empresa, que normalmente são os responsáveis pelos equipamentos/instrumentos que medem alguma grandeza, devem garantir a confiabilidade dessas medições. Quanto à performance, trata-se simplesmente de disponibilizar esses instrumentos/equipamentos para o seu cliente o maior tempo possível.

7 CONCLUSÃO

Podemos afirmar que toda empresa que trata qualquer assunto com seriedade, e no caso, envolvendo questões ambientais, os resultados normalmente são alcançados, ao somar competência técnica e recursos adequados, é fato que os resultados acontecem.

Aliando esses três itens a ArcelorMittal Tubarão conseguiu junto às partes interessadas, respaldo como empresa que presa pela Sustentabilidade do seu negócio.

BIBLIOGRAFIA

- 1 PS 11 - PERFORMANCE SPECIFICATION 11 - Specifications and Test Procedures for Particulate Matter Continuous Emission Monitoring Systems at Stationary Sources – 12/01/2004;
- 2 VDI 2066-4 - Particulate Matter Measurement - Measurement of Particulate Matter in Flowing Gases Determination of Dust Load by Continuous Measurement of Optical Transmission – Janeiro/1989.