

# AUMENTO DA PRODUTIVIDADE DA SINTERIZAÇÃO DA ARCELORMITTAL MONLEVADE ATRAVÉS DA REDUÇÃO DE ENTRADA DE AR FALSO NO SISTEMA DE EXAUSTÃO DA MÁQUINA DE SÍNTER

Rubens Moreira Bicalho <sup>1</sup>

Edinei Silva Miranda <sup>2</sup>

Carlos Eduardo de Souza <sup>3</sup>

Glauco Marcelo Rodrigues Fortes <sup>4</sup>

Evander Caires Damasceno <sup>5</sup>

José de Castro Silva <sup>6</sup>

## Resumo

No processo de sinterização, a entrada de ar falso no sistema de exaustão da máquina de sinter afeta significativamente a produtividade. Este efeito é evidenciado principalmente ao operar em níveis de elevada produtividade. Pela utilização da metodologia Seis Sigma, esta contribuição técnica mostra as melhorias realizadas para redução de ar falso, os efeitos na produtividade, bem como a importância de um bom controle da entrada de oxigênio, que é o principal indicador da entrada de ar falso.

**Palavras-chave:** Sinterização; Ar falso; Oxigênio; Sistema de exaustão.

## IMPROVEMENT OF ARCELORMITTAL MONLEVADE SINTERPLANT PRODUCTIVITY BY REDUCING THE AIR LEAKAGE AT THE SINTER MACHINE EXHAUSTING SYSTEM

### Abstract

The air leakage in sintering machine exhausting system affects significantly the productivity of the sintering process. This effect is especially evident at high productivity levels. This article shows the improvement carried out in order to reduce the air leakage and the effects on productivity, as well as the importance of a good control of the oxygen content in waste gas. The methodology employed in this work was the Six Sigma.

**Key words:** Sintering; Air leakage; Oxygen; Exhaust system.

### I INTRODUÇÃO

A sinterização da ArcelorMittal Monlevade entrou em operação em fevereiro de 1978, com uma capacidade nominal de 1.200.000 t/ano e uma produtividade nominal de 30,5 t/m<sup>2</sup>. 24 horas. É uma sinterização contínua, tipo Dwight-Lloyd, fornecida pela Lurgi.

Em meados de 1997, ocorreu uma mudança significativa no uso de combustíveis na sinterização, eliminando-se o uso do carvão vegetal passando a utilizar 100% de coque.

Após 1997, foram realizadas várias melhorias na sinterização visando elevação da produtividade, destacando-se:

<sup>1</sup>Administrador de Empresas. Gerente de Área de Sinterização. ArcelorMittal Monlevade. Av. Getúlio Vargas, 100, João Monlevade, MG, CEP 35930-395. rubens.bicalho@arcelormittal.com.br.

<sup>2</sup>Técnico Químico – Técnico Metalúrgico. Coordenador Técnico de Sinterização. ArcelorMittal Monlevade. Av. Getúlio Vargas, 100, João Monlevade, MG, CEP 35930-395. edinei.miranda@arcelormittal.com.br.

<sup>3</sup>Técnico mecânico. Técnico Assistente de Engenharia de Manutenção. ArcelorMittal Monlevade. Av. Getúlio Vargas, 100, João Monlevade, MG, CEP 35930-395. carlos.eduardo@arcelormittal.com.br.

<sup>4</sup>Técnico Mecânico. Técnico Assistente de Manutenção da Redução. ArcelorMittal Monlevade. Av. Getúlio Vargas, 100, João Monlevade, MG, CEP 35930-395. glauco.fortes@arcelormittal.com.br.

<sup>5</sup>Mestre em Estatística, Bacharel em Estatística - Especialista de Qualidade da ArcelorMittal – Continuous Improvement - Long Carbon Américas. Av. Carandá, 1115 – 19º - Belo Horizonte, MG, CEP 30130-915. evander.damasceno@arcelormittal.com.br.

<sup>6</sup>Técnico Mecânico – Técnico Metalúrgico. Sócio proprietário da empresa Qualittec Mecânica Industrial Ltda., Av. Alberto Lima, 2525, João Monlevade, MG, CEP 35931-185. administração.qualittec@planetarium.com.br

- capacitação técnica da equipe pela intensificação de treinamentos;
- uso de maior percentual de *sínter feed* (SF) corretivo e certificação de fornecedores de matérias-primas; e
- melhorias em equipamentos (implantação de placa defletora no carregamento da máquina de sínter, troca da barras de grelha, troca das laterais da máquina de sínter, troca dos ciclones, etc).

Estas melhorias permitiram uma elevação da produção de sínter, com sucessivos recordes de produção, ultrapassando 1.500.000 t em 2001, ou seja, 25% acima da capacidade nominal, conforme mostra a Figura 1.

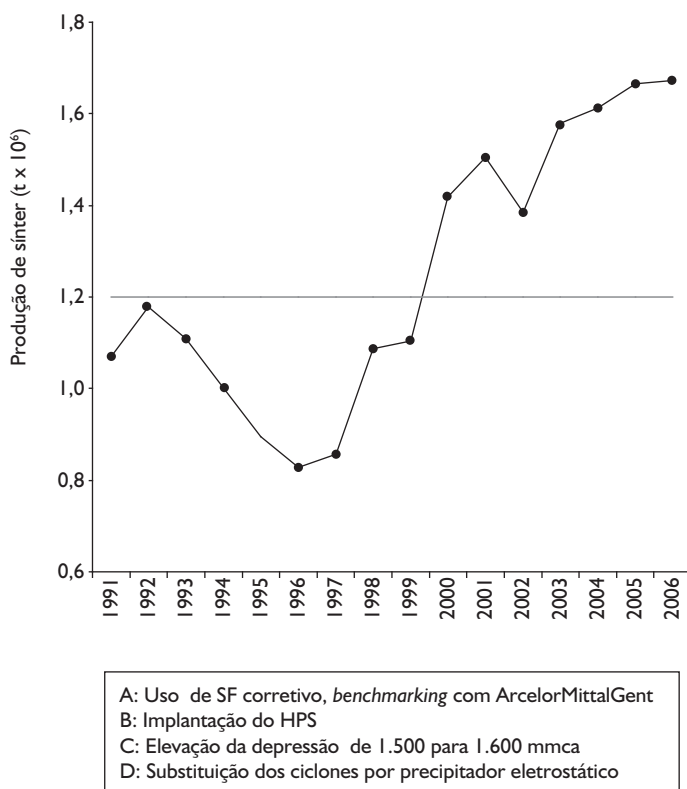


Figura 1. Produção da sinterização de 1991 a 2006.

No final de 2002, visando utilização de 100% de minério próprio da Mina do Andrade, implantou-se o processo HPS (*Hybrid Pelletized Sinter*), tecnologia da JFE (Japão), que tem como princípio a utilização de altos percentuais de *pellet feed* na mistura a ser sinterizada.

Em meados de 2004, atendendo à legislação ambiental brasileira, o sistema de desempoeiramento primário da sinterização foi trocado, eliminando-se os ciclones e implantando o precipitador eletrostático.

Com o objetivo de reduzir a entrada de ar falso na exaustão da máquina de sínter, foram desenvolvidos vários trabalhos a partir de 1997. No entanto algumas alterações no processo como aumento da altura de camada da máquina de sínter, aumento da depressão

de 1.500 mmca para 1.600 mmca e a implantação do precipitador eletrostático levaram a uma maior dificuldade de vedação no sistema de exaustão, propiciando uma maior entrada de ar falso.

Dentro da política de melhoria contínua dos processos produtivos, identificou-se, através do *shake down* de 2004, uma perda significativa de produção na sinterização em função de elevada entrada de ar falso no sistema da exaustão. Esse tema foi então definido como um dos projetos para 2005. O projeto de redução de ar falso foi conduzido pela metodologia Seis Sigma que tem como ferramenta básica o PDCA, (*plan, do, check, action*). O período considerado no projeto foi a partir de 2005, eliminando assim todas as interferências significativas de equipamentos e processos já citadas.

## 2 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

A principal forma de avaliação da entrada de ar falso na exaustão da máquina de sínter é através do teor de oxigênio contido nos gases da exaustão.

Em sinterizações novas, considerando todas as vedações em excelente estado, este teor de oxigênio situa-se entre 13,0% e 13,5%.<sup>(1)</sup>

Os locais de medição usuais são a chaminé do exaustor e na entrada do precipitador eletrostático.

### 2.1 Histórico

O teor de oxigênio na sinterização começou a ser medido na entrada dos ciclones e na chaminé do exaustor duas vezes por semana, a partir de 2001. Os valores médios de oxigênio situavam-se acima de 15%.

Consideraram-se neste trabalho as medições de teor de oxigênio realizadas a partir de janeiro de 2005 na entrada do precipitador eletrostático. A evolução do teor de oxigênio está mostrada na Figura 2.

### 2.2 Estabelecimento da Meta

Para definição da meta foram considerados:

- média do período de janeiro a maio de 2005, de 15,21% de oxigênio na entrada do precipitador eletrostático;
- sinterizações novas com 13,00% a 13,50%; e
- algumas siderúrgicas brasileiras operando com valores entre 14,00% e 14,50%.

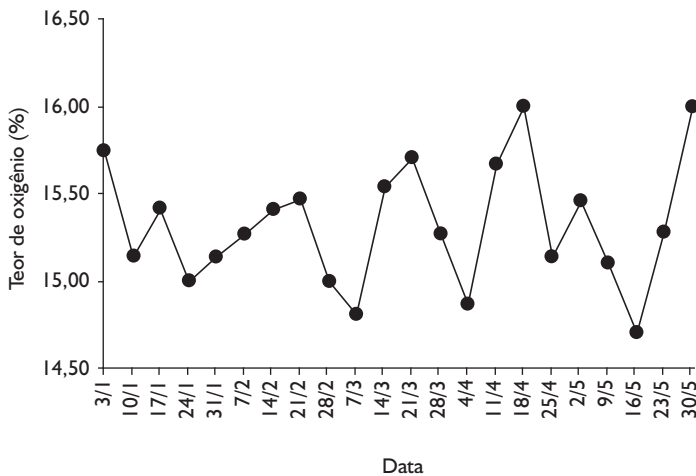


Figura 2. Teor de oxigênio na entrada do precipitador, janeiro a junho/2005.

Diante disso foi estabelecida a meta de 14,50% a ser alcançada até setembro de 2006.

Com esta meta, projetava-se um aumento de produtividade da sinterização de 0,25 t/m<sup>2</sup>.24 h, equivalente ao acréscimo de produção diária de 30 t.

### 3 ANÁLISE DO FENÔMENO

A entrada de ar falso no sistema de exaustão ocorre em todos os equipamentos do circuito entre a máquina de sinter e a chaminé. Os principais pontos de entrada de ar falso estão representados na Figura 3.

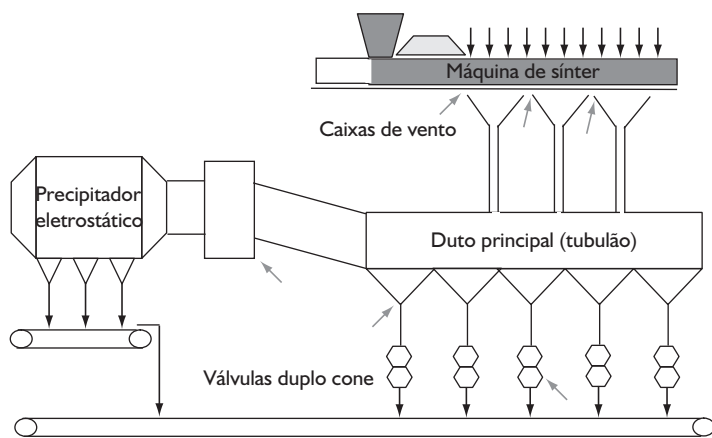


Figura 3. Identificação dos pontos de ar falso.

### 4 EXECUÇÃO DAS AÇÕES

O principal foco de atuação na redução de ar falso foi a região compreendida entre a máquina de sinter e a entrada do precipitador eletrostático. As principais ações realizadas a partir de outubro de 2005 foram:

- nivelamento e troca das vigas longitudinais de apoio das réguas da selagem da máquina de sinter;
- troca de todas as réguas da selagem fixa da máquina de sinter;
- neste com os novos modelos de laterais em 10 carros de grelha;
- troca das placas de selagem móveis por nova concepção com contrapesos;
- adoção da prática de troca sistemática de 21 carros de grelha por parada programada;
- troca das válvulas duplo-cone por novo modelo com acionamento pneumático;
- reforço da estrutura de apoio dos trilhos da máquina de sinter; e
- monitoramento contínuo de oxigênio nos gases de exaustão da máquina de sinter.

#### 4.1 Descrição das Principais Ações de Redução de Ar Falso

As principais ações realizadas para redução de ar falso estão descritas a seguir:

##### 4.1.1 Utilização de réguas de selagem com insertos cerâmicos

As réguas convencionais de aço têm vida útil aproximada de um ano. Normalmente, após a troca das réguas constatava-se uma redução significativa na redução de ar falso, contribuindo para a elevação de produtividade. Porém, aproximando-se o final da vida útil, aumentava-se o ar falso, reduzindo a produtividade da sinterização. Este ciclo repetia-se anualmente. Após esta constatação, optou-se pela troca por réguas com insertos cerâmicos. A expectativa de vida útil das réguas é de quatro anos. Após um ano de operação, as novas réguas desgastaram somente 0,5 mm.

##### 4.1.2 Nivelamento completo das vigas longitudinais

Outro ponto crítico de entrada de ar falso na máquina de sinter era o desnivelamento das vigas longitudinais de apoio das réguas de selagem. Esse desnivelamento provocava folga entre as réguas móveis dos carros de grelhas e as réguas fixas da máquina de sinter. Foi confeccionado um gabarito que, fixado a um dos carros de grelhas, fez o passeio ao longo da máquina (sem os outros carros de grelha) e propiciou a localização dos pontos das vigas longitudinais, conforme mostra a

Figura 4. Com o uso do gabarito percebia-se facilmente o empeno da estrutura. Foi programado então um nivelamento completo da estrutura compreendida entre o forno de ignição e a última caixa de vento. Paralelamente à correção do nivelamento, foi projetado e montado reforço do travamento da estrutura na região das últimas caixas de vento. Essa região, mais susceptível à maior temperatura é a que apresentava maiores deformações.



**Figura 4.** Desnivelamento das vigas de apoio das réguas de selagem da máquina de sínter com inserção de cerâmica.

#### 4.1.3 Adoção da política de troca anual de todos os carros

Com a aquisição de 10 novos carros o número de carros de grelha reserva aumentou para 22. Com isto foi possível realizar a troca de todos os carros anualmente. Os carros trocados são submetidos a uma desmontagem completa com substituição de todas as peças de desgaste que impactam na entrada de ar falso. A reparação de carros de grelha é realizada por uma empresa especializada, que é responsável desde a retirada dos carros na máquina de sínter nas manutenções programadas, a reparação completa dos carros e a montagem dos carros de grelha na máquina de sínter. Os carros são previamente ajustados na oficina externa e montados na máquina de sínter na mesma seqüência em que foram ajustados.

#### 4.1.4 Troca das válvulas de duplo-cone

As válvulas duplo-cone possuíam acionamento eletromecânico, cuja concepção não permitia ajustes finos de fechamento dos cones. Devido a essa deficiência no fechamento, era criado um caminho preferencial de passagem de ar e, em consequência, ocorria o desgaste dos cones e sedes propiciando grande entrada de ar falso. Programou-se então a substituição das válvulas por outras de acionamento pneumático com maior precisão no fechamento e melhor vedação cone-anel. Paralelamente à troca das válvulas foram substituídos também os dutos sobre as mesmas. Estes dutos são revestidos internamente visando maior vida útil.

#### 4.1.5 Utilização de laterais inteiriças com 600 mm de altura

Juntamente com a aquisição de 10 novos carros no mercado nacional, foram compradas também as laterais. As novas laterais inferiores foram fornecidas com altura de 600 mm e comprimento de 1.000 mm (toda extensão do carro), conforme apresentado na Figura 5. Foram montadas laterais em 10 carros. Na extremidade das laterais há uma chapa deslizante por gravidade que faz a vedação entre os carros.

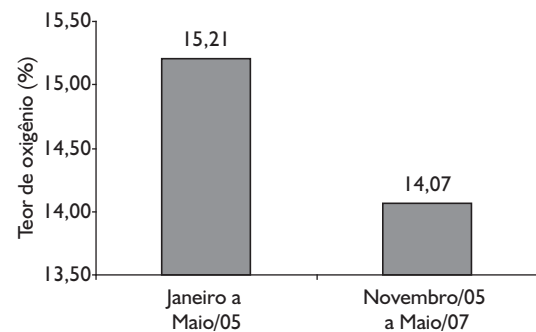


**Figura 5.** Laterais novas inteiriças.

## 5 RESULTADOS

A implantação das ações ocorreu em 2005 e 2006.

Os teores de oxigênio medidos na entrada do precipitador reduziram de 15,21% para 14,07%, conforme apresenta a Figura 6.



**Figura 6.** Teor de oxigênio na entrada do precipitador.

Em abril de 2006, após a otimização do sistema de medição contínua do teor de oxigênio nos gases, o monitoramento passou a ser realizado pelos medidores contínuos e os valores medidos

desde então têm permanecido entre 13,0% e 13,5% na entrada do precipitador e 14,0% a 14,5%, na chaminé do exaustor.

A redução da entrada de ar falso no sistema de exaustão em conjunto com outros projetos contribuiu para a elevação de produtividade da sinterização de 39,59 t/m<sup>2</sup>.24 h para 40,16 t/m<sup>2</sup>.24 h, bem como redução do consumo de combustível de 60,3 kg/t para 57,9 kg/t, conforme se apresentam nas Figuras 7 e 8.

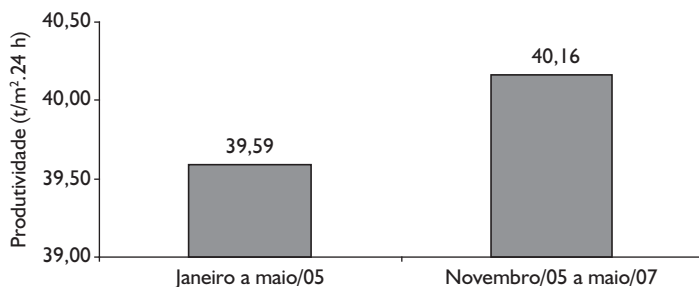


Figura 7. Produtividade da sinterização.

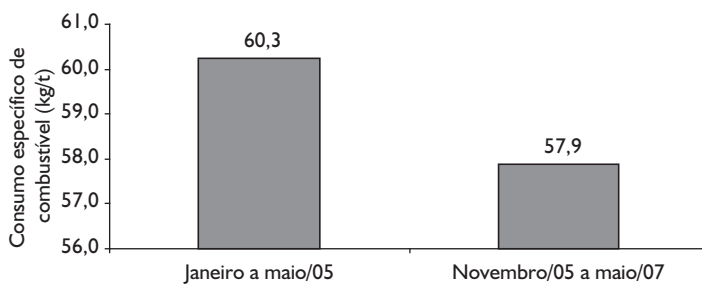


Figura 8. Consumo específico de combustível sólido (base úmida).

## REFERÊNCIA

I BALL, D.F.; DARTNELLI; J. DAVISON; A. GRIEVE; R. WILD. **Agglomeration of iron ores**. New York: American Elsevier, 1973.

Recebido em: 10/12/07

Aceito em: 5/11/08

Proveniente de: SEMINÁRIO DE REDUÇÃO DE MINÉRIO DE FERRO E MATÉRIAS-PRIMAS, 37., 2007, Salvador, BA. São Paulo: ABM, 2007.

## 6 CONCLUSÕES

A redução de ar falso no sistema de exaustão da máquina de sínter da ArcelorMittal Monlevade contribuiu de forma significativa para elevação de produtividade da sinterização

Outro ganho substancial foi a redução de combustível, contribuindo para a redução do custo do sínter.

No entanto, o trabalho de redução de ar falso é contínuo, pois à medida que alguns pontos são mais eficazmente vedados, surgem novos, principalmente com a elevação de depressão que é uma tendência para possibilitar elevação de altura de camada e redução de consumo de combustível.

Deve ser considerado que os resultados atuais estão sendo obtidos com 83% dos carros ainda originais da sinterização, que completarão 30 anos em fevereiro de 2008. Este fato reforça a necessidade de empresas de recuperação com a filosofia de melhoria contínua, trabalhando realmente como parceiros. A política atual de recuperação anual de todos os carros tem sido um dos grandes pilares para redução e manutenção de baixos níveis de ar falso na máquina de sínter.