

# DESEMPOEIRAMENTO DO MISTURADOR PRIMÁRIO DA SINTERIZAÇÃO DA ARCELORMITTAL MONLEVADE – JOÃO MONLEVADE<sup>1</sup>

*Hideo Kimura<sup>2</sup>  
Marcelo Ozawa<sup>2</sup>  
Jairo Rocha da Costa<sup>2</sup>  
Rodrigo Otávio Viana<sup>3</sup>  
Rubens Moreira Bicalho<sup>3</sup>  
Fabiano Harley Araújo<sup>3</sup>  
Cléber Marques Silva Filho<sup>3</sup>*

## **Resumo**

Este artigo apresenta os resultados obtidos com o desempoeiramento da chaminé do misturador primário de cal, existente na Sinterização da ArcelorMittal Monlevade. A captação de pó é feita através de um precipitador eletrostático (PE) recém instalado. O gás úmido do misturador primário é aquecido com gases do resfriador de sinter e então é inserido no duto de entrada do precipitador. A inovação foi utilizar os gases quentes do resfriador para atingir tal objetivo e adequar a mistura para coleta no PE.

**Palavras-chave:** Sinterização; Misturador primário; Precipitador eletrostático.

## **DEDUSTING SYSTEM FOR PRIMARY LIME MIXER OF SINTER PLANT IN ARCELORMITTAL MONLEVADE – JOÃO MONLEVADE PLANT**

## **Abstract**

This article presents the results with dedusting system of stack of lime primary mixer, existing in Sinterizing of ArcelorMittal Monlevade – João Monlevade Plant. The dust from these dedusting systems is collected into dry type ElectroStatic Precipitator (ESP) installed in this Plant. The wet gas flow rate from primary mixer is heated with gas flow rate from sinter cooler and it is put in the inlet duct of electrostatic precipitator (ESP). The innovation was to utilize the hot gas flow rate from sinter cooler to achieve this aim and to adequate the mix of these gases to collect the dust inside the ESP.

**Key words:** Sinterizing; Primary mixer; Electrostatic precipitator.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 63º Congresso Anual da ABM, 28 de julho a 1º de agosto de 2008, Santos, SP, Brasil*

<sup>2</sup> *ENFIL S.A. Controle Ambiental ([WWW.enfil.com.br](http://WWW.enfil.com.br))*

<sup>3</sup> *ArcelorMittal – João Monlevade*

## 1 INTRODUÇÃO

A ArcelorMittal Monlevade tinha uma necessidade de desempoeiramento da chaminé de seu misturador primário de cal.

Em seu processo de produção de sinter - a matéria prima para produção de aço - a ArcelorMittal insere como um dos componentes desta produção, a cal, que é misturado em um grande cilindro misturador rotativo horizontal, juntamente com pó proveniente coletado em outras áreas da planta.

Durante o processo de concorrência para solução deste problema, a ENFIL S.A. propôs o desempoeiramento desta chaminé como um ponto adicional de coleta de pó para ser inserido em um precipitador eletrostático, sem perda de performance e com a promessa de eliminar totalmente o problema apresentado.

O precipitador eletrostático instalado tinha o objetivo de coletar o material particulado (MP) emitido em dezenas de pontos de emissão de pó, tais como transferências de correias de transportadoras, final da máquina de sinter, área de peneiramento, topo dos silos, resfriador de sinter, etc. E adicionalmente a coleta de gases proveniente do misturador primário de cal.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A solução proposta pela ENFIL previa o desempoeiramento completo da área de manipulação do sinter (chamada comumente de desempoeiramento secundário da Sinterização) além da adição deste ponto da chaminé do misturador primário de cal. Concentrando-se no problema do misturador primário, as condições do misturador primário e do resfriador de sinter são conforme abaixo:

Tabela 1: Dados de entrada

<b>Dados da Planta</b>		
Altitude	m	<b>650</b>
Pressão atmosférica local	Pa	<b>93.386</b>
<b>Resfriador de sinter</b>		
Vazão	m <sup>3</sup> /hr*wet	<b>16.000</b>
Temperatura do gás	°C	<b>340</b>
Pressão do gás	mmAq	<b>-18</b>
Concentração de pó	g/Nm <sup>3</sup>	<b>0,20</b>
Diâmetro do duto	m	<b>0,55</b>
Densidade do pó	kg/m <sup>3</sup>	<b>1.500</b>
<b>Misturador Primario</b>		
Vazão	m <sup>3</sup> /hr*wet	<b>48.634</b>
Temperatura do gás	°C	<b>48</b>
Diâmetro do duto (saída)	m	<b>1,15</b>
Pressão do gás	mmAq	<b>-2</b>
Densidade do pó	kg/m <sup>3</sup>	<b>2.000</b>
Concentração do pó	g/Nm <sup>3</sup>	<b>0,50</b>

As premissas consideradas para o projeto foram:

- Desempoeiramento do misturador primário: coleta de todo o fluxo de gás (gás úmido, 26% de umidade, contendo pó e cal);
- Aproveitamento do calor gerado pelo resfriador de sinter para aquecimento do gás do misturador primário;

c.) Cálculo de perda de carga e adequação da pressão negativa disponível no sistema de sucção dos gases.

Foi elaborado o balanço de massa e térmico

Ao misturar o fluxo do Sinter Cooler com o da saída do misturador, a vazão mássica total é a soma das duas vazões mássicas.

A partir desses dados pode-se calcular a temperatura da mistura do fluxo de gases do resfriador de Sinter e do misturador:

$$T_3 = \frac{\dot{m}_{ar1} T_1 c_{p cooler} + \dot{m}_{ar2} T_2 c_{p mix} + \dot{m}_{pó1} T_1 c_{p sinter} + \dot{m}_{pó2} T_2 c_{p cal}}{\dot{m}_{ar3} c_{p3} + \dot{m}_{pó1} c_{p sinter} + \dot{m}_{pó2} c_{p cal}} \quad [K]. \quad (1)$$

A partir deste balanço de massa e térmico, pode-se calcular a vazão final dos gases misturados, a temperatura de saída desta mistura, conforme mostrado abaixo.

**Tabela 2:** Valores calculados no balanço de massa

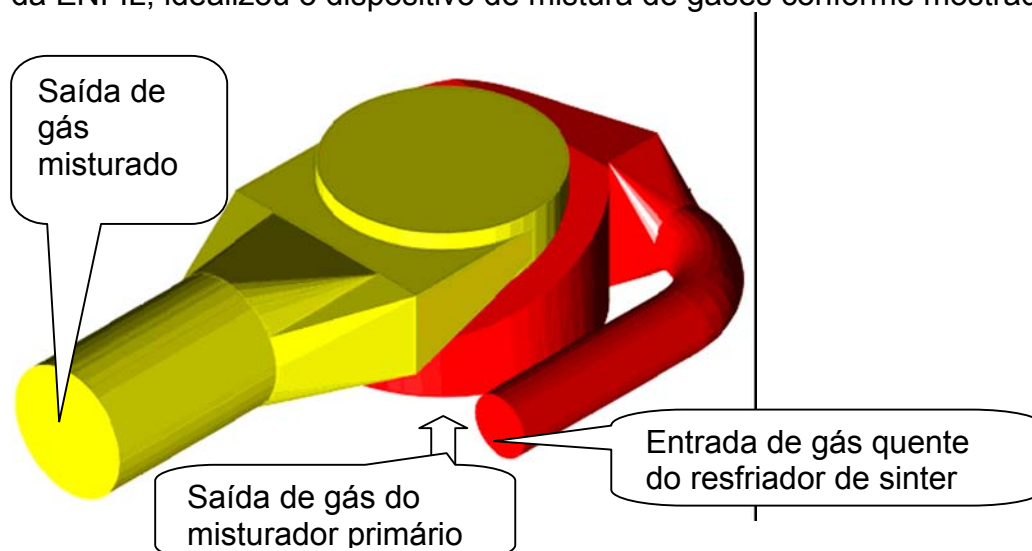
<b>Resfriador de sinter existente</b>		
Processing Gas Volume	m <sup>3</sup> /hr*wet	16000
Processing Gas Volume	m <sup>3</sup> /s	4,444
Processing Gas Volume	Nm <sup>3</sup> /s	1,821
Gas Temperature	K	613,15
Gas Pressure	mmAq	-18
Gas Pressure (abs)	Pa	93210
Dust Concentration	g/Nm <sup>3</sup>	0,2
Air Density (Atual)	kg/m <sup>3</sup>	0,532
Dust Density	kg/m <sup>3</sup>	1500
Duct Diameter	m	0,55
Duct Velocity	m/s	18,71
Reynolds	-	182234
Processing Gas Mass (Dust)	kg/s	0,00036427
Processing Gas Mass (Air)	kg/s	2,362
Processing Gas Mass (Dust+Air)	kg/s	2,363
<b>Misturador Primario</b>		
Processing Gas Volume	m <sup>3</sup> /hr*wet	48634,31
Processing Gas Volume	m <sup>3</sup> /s	13,510
Processing Gas Volume	Nm <sup>3</sup> /s	10,578
Gas Temperature	K	321,45
Gas Pressure	mmAq	-1,8
Gas Pressure (abs)	Pa	93369
Dust Concentration	g/Am <sup>3</sup>	0,5
Air Density (Atual)	kg/m <sup>3</sup>	1,016
Dust Density	kg/m <sup>3</sup>	2.000
Duct Diameter	m	2
Duct Velocity	m/s	4,30
Processing Gas Mass (Dust)	kg/s	0,007
Processing Gas Mass (Air)	kg/s	13,720
Processing Gas Mass (Dust+Air)	kg/s	13,727

<b>Saída do misturador (1+2)</b>		
Processing Gas Volume	m <sup>3</sup> /hr*wet	65933
Processing Gas Volume	m <sup>3</sup> /s	18,315
Processing Gas Volume	Nm <sup>3</sup> /s	12,400
Gas Temperature	K	<b>367,94</b>
Gas Temperature	°C	94,79
Gas Pressure	mmAq	<b>-100</b>
Gas Pressure (abs)	Pa	92405
Air Density (Atual)	kg/m <sup>3</sup>	0,8781
Dust Concentration	g/Am <sup>3</sup>	0,39
Dust Concentration	g/Nm <sup>3</sup>	0,57
Duct Diameter	m	1,15
Duct Velocity	m/s	17,63
Reynolds	-	849528
Processing Gas Mass (Dust)	kg/s	0,0071
Processing Gas Mass (Air)	kg/s	16,0826
Processing Gas Mass (Dust+Air)	kg/s	16,0897

O ponto extremamente fundamental para consistência dos dados de mistura foi definir qual a temperatura de saída dos gases misturados e qual a umidade requerida que não prejudicaria a performance do PE e também não causaria incrustação indesejada nos dutos e dentro do PE.

Definido as condições de processo e finalizado o cálculo deste balanço de massa, foi idealizado o projeto construtivo de mistura de gases no topo da chaminé do misturador primário.

A partir da experiência de mistura de fluidos executado em sistemas de injeção de finos (ICP – Injeção de Carvão Pulverizado) para alto forno, o Eng<sup>o</sup>. Hideo Kimura, da ENFIL, idealizou o dispositivo de mistura de gases conforme mostrado abaixo:



**Figura 1:** Dispositivo de mistura de gases

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados foram os seguintes:

a) Melhoria das condições ambientais da área: como o desempoeiramento foi executado, todo o gás proveniente da chaminé do misturador primário foi levado para o duto de entrada do PE, que captou a maior parte do material particulado;

- b.) Redução do trabalho de limpeza na área da chaminé: Antes da instalação do sistema de desempoeiramento, a chaminé do misturador tinha exaustão por tiragem natural e assim, o topo da chaminé permanentemente requeria limpeza em sua borda, escada de acesso e plataforma ao seu redor;
- c.) Desempoeiramento completo da chaminé do misturador primário: era o objetivo principal e foi plenamente atingido;



**Figura 2:** Antes da operação do desempoeiramento

Informações do start-up:

- Data de entrada em operação do PE: 24.set.07.
- Data da interligação da chaminé do misturador ao PE: 26.set.07
- Hora da interligação: 12h.
- Temperatura ambiente: 25 °C.
- Tempo: nublado.
- Produção da Sinterização em ritmo normal (5100t/dia).





**Figura 3:** Com dispositivo de desempoeiramento em operação



**Figura 4:** Construção finalizada do dispositivo de mistura de gases

d.) Ausência de emissão fugitiva próximo ao misturador primário: próximo do misturador havia várias frestas por onde se percebia emissão fugitiva de gases. Com o desempoeiramento, devido à pressão negativa do sistema, a exaustão foi completa;

e.) Aproveitamento do calor do resfriador de sinter (economia de energia): normalmente os gases do resfriador de sinter são lançados para a atmosfera, porém com o aproveitamento parcial destes gases quentes (em torno de 300 °C), foi possível aproveitar o calor para aquecer e desumidificar os gases do misturador;

f.) Contribuição para melhoria das características de captação de pó, para o precipitador eletrostático: Apesar da vazão proveniente dos gases misturados do dispositivo representar somente 10% da vazão total do sistema, o aumento da umidade dos gases, combinado com a inserção de pó de cal, melhorou as

características de captação de pó; em outras palavras, a resistividade do pó coletado, provavelmente diminuiu e assim o precipitador eletrostático pôde coletar o pó com mais facilidade.

Foi possível comprovar isto, durante o teste de performance (medição de material particulado) na saída do precipitador eletrostático, ao inserir os gases do misturador primário e ao retirar os mesmos.

A emissão de particulado (indicado pelo opacímetro) aumentou no período em que o misturador ficou fora de operação e retornou aos níveis normais, quando o misturador voltou a operar.



**Figura 5:** Gráfico de tendência de opacidade (instalado após o PE).

g) Os dados de projeto e os obtidos em medição foram conforme abaixo:

**Tabela 3 :** Dados de projeto x medidos

Dados	Unidade	Projeto	Medido em 29/10/07
Vazão de gases misturados – condições do duto	m <sup>3</sup> /h	65.933	30.201
Vazão de gases misturados	Nm <sup>3</sup> /h	44.640	13.850
Temperatura dos gases misturados	°.C	94,8	145,7
Concentração de material particulado dos gases misturados	mg/Nm <sup>3</sup>	570	2.328
Umidade dos gases misturados	% vol.	8	26,3

## **4 CONCLUSÃO**

A partir da necessidade da ArcelorMittal Monlevade – o desempoeiramento da chaminé do misturador primário de cal – foi proposto à solução única, possível, porém sem referências anteriores no Brasil. Há relatos técnicos, no Japão, de aproveitamento do calor gerado a partir do resfriamento do material de sinterização, em caldeiras de recuperação de calor, porém no Brasil, na grande maioria das Siderúrgicas, simplesmente o calor do resfriador de sinter é perdido para a atmosfera.

Além do objetivo principal atingido e os fatos relevantes de aproveitamento do calor do resfriador de sinter e melhoria das condições de precipitabilidade do fluxo gasoso contendo pó, fizeram deste projeto, um sucesso técnico de performance, que pode contribuir muito para novas aplicações em envolvam plantas de sinterizações na maioria das Siderúrgicas.

O receio inicial da alta umidade dos gases do misturador e o particulado gerado na mistura de água, cal e pó do misturador primário, não se cumpriu e o resultado do projeto, demonstrou-se altamente confiável, sem riscos e com excelência de performance processual e construtiva. Para tanto, foi necessário estudos e cálculos aliado a experiência de desempoeiramento de sistemas da ENFIL.

O novo sistema de desempoeiramento já está operando a aproximadamente cinco meses mantendo boa eficiência desde start-up do PE.

Com o pioneirismo da ArcelorMittal Monlevade, de melhorar e respeitar as condições ambientais, aliado ao melhoramento contínuo do seu processo de produção, foi possível acreditar neste projeto, que apesar de aparentemente simples, até ao final de sua execução, houve dúvidas com relação ao seu desempenho ao que foi proposto.

### **Agradecimentos**

Agradecemos as seguintes pessoas e / ou instituições:

Aos engenheiros da ArcelorMittal Monlevade, por terem acreditado na viabilidade do projeto e pelas informações imprescindíveis das condições operacionais envolvidas.

À ENFIL S.A. na pessoa do Eng<sup>o</sup>. Franco Castellani Tarabini Júnior – Diretor da ENFIL S.A., por acreditar e apoiar o projeto desde sua concepção.

Ao Eng<sup>o</sup>. Hideo Kimura – Diretor de Tecnologia da ENFIL S.A., pelas inúmeras e importantes recomendações de projeto, além de relatos técnicos de sua experiência profissional.

### **REFERÊNCIAS**

- 1 WHITE, F.M. Viscous fluid flow. New York: McGraw-Hill, 1991.
- 2 PATANKAR, S.V. Numerical heat transfer and fluid flow. New York: Hemisphere Pub. Corp.: McGraw-Hill, 1980.
- 3 Fluent v6.3.26 User's Guide.