

REDUÇÃO DAS PERDAS DE SINTER NO PENEIRAMENTO DO ALTO-FORNO Nº 2¹

*Eduardo Emery C. Quites²
Mickio Miyazaki³
Cláudio Barbosa Rodrigues⁴*

Resumo

Atualmente, existe um déficit de sinter para os altos fornos da Usiminas - Cubatão que é suprido através do consumo de pelotas de minério de ferro adquiridas externamente a um custo mais elevado. De modo a contribuir para reduzir este déficit, foi estruturado um grupo de trabalho para identificar, quantificar e reduzir as perdas de sinter no peneiramento do Alto-Forno nº2. Este trabalho descreve os passos dentro da metodologia de solução de problemas, utilizando o ciclo PDCA, para a redução das perdas de sinter no Peneiramento do Alto-Forno nº 2. Os passos do trabalho foram basicamente definir o problema, identificar e eliminar as causas das perdas, executar as ações corretivas, monitorar os resultados e padronizar as ações de controle.

Palavras-chave: Sinter; Peneiramento; PDCA.

REDUCING LOSSES IN Nº 2 BLAST FURNACE SINTER SCREENING PLANT

Abstract

Currently, there is a deficit of sinter for USIMINAS's blast furnaces which is supplied through the consumption of iron ore pellets purchased externally to a higher cost. In order to reduce this deficit, a working group was structured to identify, quantify and reduce the losses of sinter in the nº 2 blast furnace sinter screening plant. This paper describes the steps in the methodology for troubleshooting, using the PDCA cycle to reducing losses in nº 2 blast furnace sinter screening plant. The steps of work were basically defining the problem, identify and eliminate the causes of losses, perform corrective actions, monitor the results and standardize the actions of control.

Key words: Sinter; Screening; PDCA; Problem solving

- 1 Contribuição técnica ao 64º Congresso Anual da ABM, 13 a 17 de julho de 2009, Belo Horizonte, MG, Brasil.*
- 2 Engenheiro Metalurgista, MSc., CQE, Analista de Processo da Gerência de Suporte Técnico da Redução da Usiminas - Cubatão.*
- 3 Assistente Técnico de Operação da Gerência de Suporte Técnico da Redução da Usiminas - Cubatão.*
- 4 Assistente Técnico de Operação da Gerência de Operação do Alto-Forno nº 2 da Usiminas - Cubatão.*

1 INTRODUÇÃO

Fazendo parte do “Pilar de Melhoria Focada” da Usiminas - Cubatão, cuja missão é controlar, entender e direcionar o ataque a perdas dentro das unidades produtivas foi lançado o projeto Redução do Consumo de Pelotas no Alto-Forno nº 2.

Atualmente, existe um déficit de sinter para os altos fornos que é suprido através do consumo de pelotas de minério de ferro adquiridas externamente a um custo mais elevado. Para reduzir estas perdas, o grupo responsável pelo projeto foi estruturado para trabalhar em três frentes simultâneas:

- identificar e reduzir as perdas de sinter no peneiramento de sinter do alto-forno nº 2;
- viabilizar a utilização de “small sinter” na Aciaria em substituição ao sinter; e
- desenvolver a utilização minérios mais nobres nos Altos Fornos de modo que possam substituir as pelotas.

Este trabalho descreve os passos dentro da metodologia de solução de problemas, utilizando o ciclo PDCA, para a frente Redução das Perdas no Peneiramento de Sinter no Alto-Forno nº 2.

1.1 Sistema de Peneiramento de Minérios do Af2

O sistema de minérios do AF2 é composto basicamente de silos, peneiras, alimentadores, balanças, correias transportadoras e tremonhas de espera, conforme esquematizado na Figura 1.

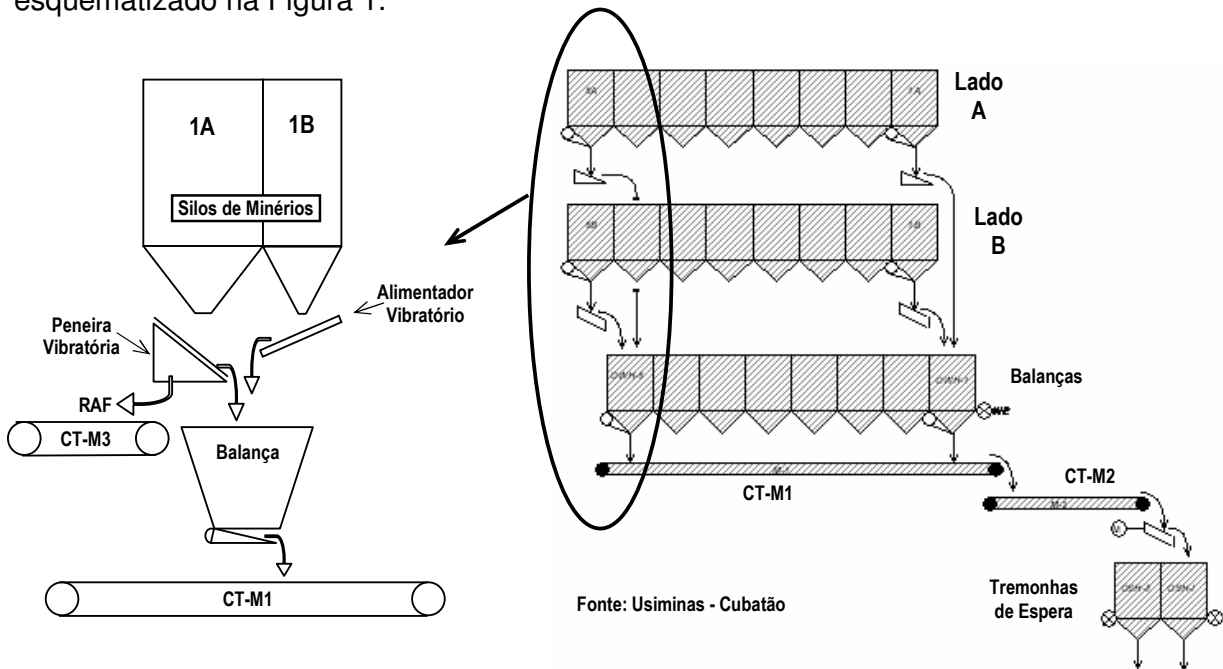


Figura 1 – Esquema do sistema de Minérios do AF2 (em detalhe silos 1A e 1B).

Os silos da lado A, posicionados de modo oposto aos do lado B, totalizam oito silos com capacidade de 270 m³ cada e são utilizados para a carga de sinter. Sob estes silos existem peneiras vibratórias, de modo que o *oversize* é direcionado para as balanças e *undersize* retorna para a sinterização (RAF - retorno de alto-forno). O lado B também tem oito silos com capacidade de 140 m³ cada e são utilizados para materiais diversos (minério granulado, pelotas, fundentes, *small coke*, etc.). Os

materiais do lado B não são peneirados no alto-forno e, portanto, sob estes silos existem apenas alimentadores vibratórios que direcionam e controlam o fluxo de materiais para as balanças.

1.2 O Problema

O foco do trabalho foi o peneiramento de sinter que ocorre nas peneiras vibratórias posicionadas sob os silos do lado A no sistema de minérios, onde o sinter é peneirado em malhas de abertura 6 mm. Deste modo, idealmente o *undersize* deve conter apenas partículas < 6 mm e o *oversize* apenas partículas > 6 mm.

A **eficiência** do peneiramento, ou seja, a relação (t/h de *undersize* / t/h de fração < 6 mm na alimentação), foi foco de trabalhos anteriores e várias ações foram implementadas para melhorar a eficiência e reduzir a fração < 6 mm no *oversize*. Entre estas ações podemos listar a implantação malhas do tipo autolimpante, controle da tonelagem/hora de material passante, redução do fluxo de material sobre as malhas, entre outras.

Neste trabalho foi focada a **precisão** do peneiramento, ou seja, a perda de sinter bom para o alto-forno (> 6 mm) no *undersize* (RAF), conforme mostra a Figura 2.



Fonte: Usiminas
Figura 2 – Amostra de RAF e em destaque o material > 6 mm indevidamente junto ao RAF

Para verificar se as perdas de sinter bom para alto-forno no RAF são significativas foi implantado um esquema especial de amostragem manual na correia transportadora de RAF (CT-M3), realizadas duas vezes por semana em todos os turnos.

1.3A Metodologia

Foi empregada a metodologia de solução de problemas utilizando o ciclo PDCA (Figura 3), contendo os seguintes tópicos:

- definir o problema;
- analisar o problema;
- identificar as causas raízes do problema;
- determinar e planejar as ações corretivas;

- executar as ações corretivas;
- monitoramento dos resultados; e
- padronização.

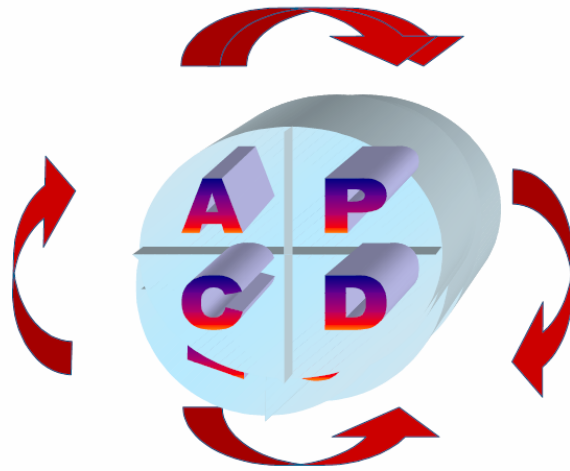


Figura 3 – Título.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Definição do Problema

A Figura 4 mostra para o período de janeiro a julho/2007 os resultados das amostragens no retorno de sinter do alto-forno, onde observamos a perda de sinter bom para o alto-forno (fração > 6,35 mm) chega a atingir valores da ordem de 8% na média móvel de 30 dias e que a média do período é 5,3%.

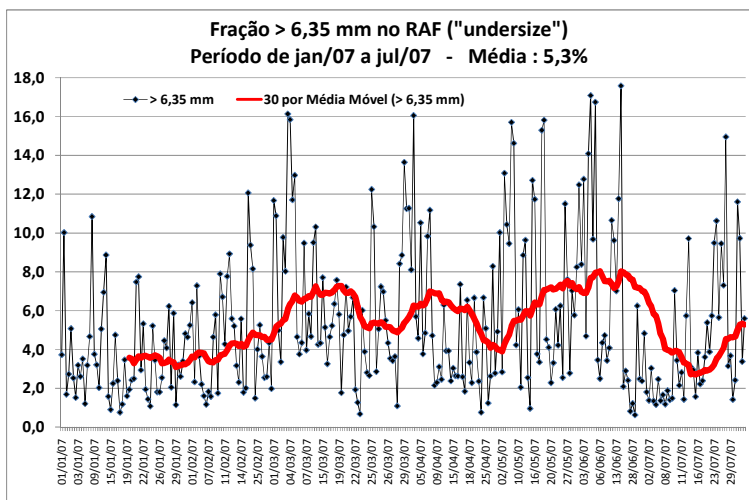


Figura 4 – Fração > 6,35 mm no retorno de sinter e média móvel de 30 dias.

Considerando uma percentagem média de 5,3% de fração > 6,35 mm no RAF, estas perdas de sinter bom para o alto-forno, podem ser estimadas em mais de 28.400 toneladas/ano, conforme mostram os cálculos da Tabela 1.

Tabela 1 – Cálculo da perda de sinter pelo RAF

		Unidades	Cálculo	Projeção Anual
A	Consumo de Sinter no AF2	t/ano	Pesado	3.140.186
B	Rendimento de Sinter	%	Amostragem	85,03
C	Sinter Abastecido para AF2	t/ano	$= A * 100 / B$	3.693.033
D	Retorno de finos (RAF)	t/ano	$= C - A$	553.964
E	% Média de Perdas (>6,35 mm no RAF)	%	Amostragem	5,13
F	Perdas de Sinter	t/ano	$= D * E / 100$	28418

2.2 Análise do Problema

A Figura 5 mostra ilustra a peneira vibratória de sinter, foco do trabalho. A peneira tem dois decks, sendo o deck superior de chapa expandida com abertura de 8 mm e o deck inferior de malha com característica autolimpante com aberturas de 6 mm triangulares formadas pela presença de fios retos, inseridos alternadamente entre os fios ondulados.



Figura 5 – Peneira vibratória de sinter (em destaque os decks da peneira).

As malhas autolimpantes do deck inferior foram implantadas como resultado dos trabalhos para melhoria da eficiência do peneiramento citados anteriormente. A característica do arame desta malha, conforme pode ser visto na figura 6(a), evita o cegamento, porém reduz a precisão do peneiramento, sendo possível a passagem de partículas até 1,5 vezes a abertura da malha.⁽¹⁾ Isto ocorre devido às vibrações que se verificam nos fios transversais durante o peneiramento, as quais impedem que o material em processo se aglutine ou fique preso entre as aberturas.

O arranjo das malhas autolimpantes também as torna mais frágeis, sendo fundamental que o deck superior alivie corretamente a carga de partículas mais

pesadas sobre o deck inferior. Para isto, as malhas do deck superior não podem estar desgastadas, como ilustra a Figura 7.

A Figura 6(b) ilustra o caso em que as malhas do deck inferior foram desgastadas, o que resulta na perda de sinter bom para o alto-forno no RAF.

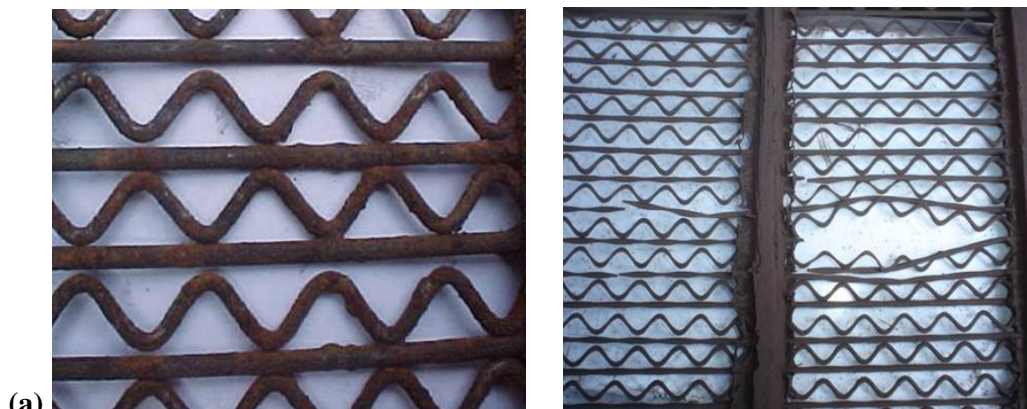


Figura 6 – Malha do deck inferior (a) normal e (b) com desgaste.

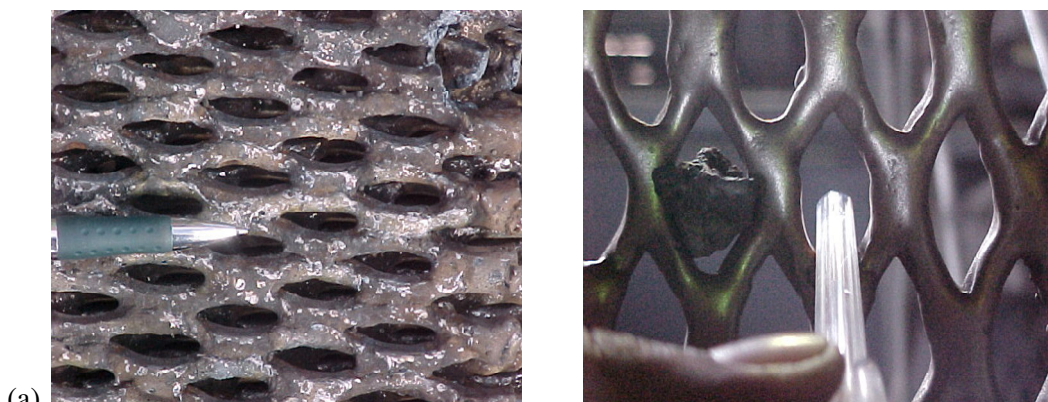


Figura 7 – Malha do deck superior (a) normal e (b) com desgaste (Fonte: Usiminas - Cubatão)

2.3 Identificação das Causas Raízes do Problema

Neste passo da metodologia são aplicadas várias técnicas de modo a descobrir todas as possíveis causas do problema. A partir deste ponto são identificadas as causas mais prováveis para então serem identificadas as causas primárias.

Com este objetivo, foi realizado inicialmente um *brainstorming* de modo a levantar todas as possíveis causas do problema e estas causas foram organizadas em um diagrama de Ishikawa, conforme mostrado na Figura 8.

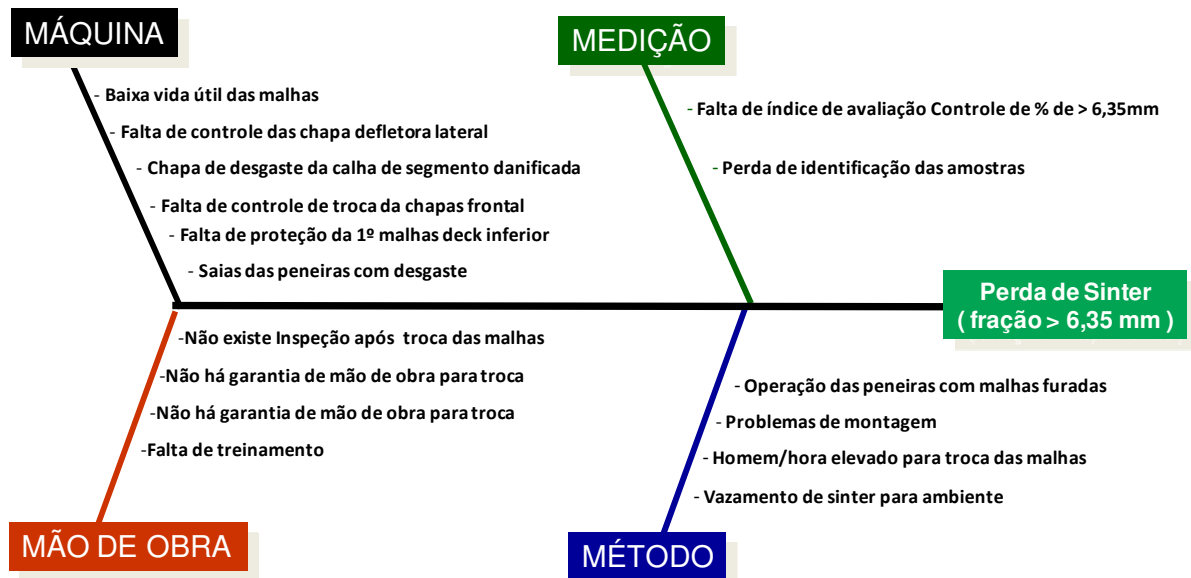


Figura 8 – Diagrama de Ishikawa para a perda de sinter.

A identificação das causas mais prováveis foi realizada um diagrama de priorização tipo 9/3/1, mostrado na Tabela 2. Nesta técnica, quatro funcionários experientes da área (nível operador, técnico e engenheiro) se reuniram para priorizar as causas prováveis, conferindo notas 9, 3 ou 1 a cada causa. Desta forma, conforme a pontuação atribuída a cada causa é feita a priorização pela maior pontuação alcançada.

Utilizando a técnica descrita acima foram identificadas sete causas mais prováveis, conforme a maior pontuação na Tabela 2.

Tabela 2 – Diagrama de priorização 9/3/1

DIAGRAMA DE 9/3/1							
ITENS		Func. A	Func. B	Func. C	Func. D	TOTAL	RANKING
1	Operação com malhas das peneiras furadas	9	9	9	9	36	1
2	Não há garantia de mão de obra para troca das malhas	9	9	9	9	36	1
3	Falta de controle da troca da chapa frontal	3	3	3	3	12	2
4	Falta de proteção da malha deck inferior	3	3	3	3	12	2
5	Falta de um índice de avaliação	3	3	3	3	12	2
6	Inconsciência nos resultados de amostras	3	3	1	3	10	3
7	Baixa vida útil das malhas	3	3	3	1	10	3
8	Falta de treinamento operadores e mecânicos	3	3	1	1	8	4
9	Falta de controle de chapa defretora lateral	1	1	1	1	4	5
10	Não há inspeção após a troca das malhas	1	1	1	1	4	5
11	Problema de montagem das malhas	1	1	1	1	4	5
12	H/H elevado para troca das malhas	1	1	1	1	4	5
13	Vazamento de sinter para ambiente	1	1	1	1	4	5
14	Saias das peneiras com desgaste	1	1	1	1	4	5
15	Chapas de desgaste danificadas	1	1	1	1	4	5
16	Perda de identificação das amostras	1	1	1	1	4	5

2.4 Determinação e Planejamento das Ações Corretivas

A determinação e planejamento das ações corretivas para as causas primárias foram feitas utilizando o diagrama dos “5 porquês” de modo a determinar as verdadeiras causas primárias, conforme mostrado na Tabela 3. Nesta técnica são feitas perguntas sucessivas até que seja possível vincular uma certa causa a uma ação de contramedida que pode erradicá-la definitivamente.

Tabela 3 – Diagrama 5 Porquês

DIAGRAMA 5 PORQUÊS						
ITENS	O que ?	Porque ?	Porque ?	Porque ?	Porque ?	Contra medidas
1	Malhas furadas em operação	Malha só é trocada quando estão furadas e detectadas na inspeção visual	Não existe um critério de troca das malhas preventivamente	Não há um meio de avaliar corretamente a necessidade de troca das malhas	Não há controle de material passante por peneiras.	Implantação de controle por tonelagem de material passante.
2	Falta de mão de obra para troca das malhas	Quantidade de serviços maior que a mão de obra disponível	Programação de mão de obra não atende o plano de troca das malhas	-	-	Foi aberto RC para efetivar mão obra específica
3	Desgaste da chapa Frontal da peneira	Só é trocado quando desgastadas e detectados na inspeção visual	Não existe um padrão de troca das chapas	Não há controle de material passante por peneira	-	Implantação de cronograma de troca simultânea com as trocas das malhas
4	Furo da 1ª malha do conjunto (no deck inferior)	Falta de proteção contra impacto do material no deck inferior	Proteção atual é parcial	Não cobre toda extensão da zona de impacto	-	Modificar a proteção da 1ª malha
5	Falta de índice de avaliação	Nunca havia sido foco de projetos	-	-	-	Implantar índice de controle
6	Amostragem inconsistente	Alguns resultados são incompatíveis	Não são adotados procedimentos de amostragem	Falta de treinamento dos contratados	-	Treinar e evidenciar os treinamentos
7	Baixa vida útil das malhas	O sinter é uma matéria prima muito abrasiva	O material da malha se desgasta por abrasão	O material da malha não é revestido	-	Testar malhas com revestimento

2.5 Execução das Ações Corretivas

As ações contramedidas levantadas no passo anterior foram executadas e o controle de cada uma foi realizado de modo que cada ação tinha um responsável e prazo. Como exemplo, a Tabela 4 mostra a contramedida adotada para a primeira causa primária.

Tabela 4 – Contramedida para a causa número 1

	O que ?	Porque ?	Porque ?	Porque ?	Porque ?	Contra medida	Resp.	Data Prevista	Data Efetiva
1	Malhas furadas em operação	Malha só é trocada quando estão furadas e detectadas na inspeção visual	Não existe um critério de troca das malhas preventivamente	Não há um meio de avaliar corretamente a necessidade de troca das malhas	Não há controle de material passante por peneiras.	Implantação de controle definitivo por tonelagem de material passante.	Cláudio Barbosa	dez/07	dez/07

Para esta causa primária, que é a ausência de um controle efetivo de material passante sobre as malhas de modo a determinar a hora da troca antes da ocorrência de furos, a ação de contramedida foi a implantação de um sistema de controle ligado às pesagens na balança de *oversize* sob a peneira, conforme mostra a Figura 9. Neste sistema, cada deck de cada peneira tem um peso que é acumulado a cada nova pesagem. Quanto as malhas do deck são trocadas os valores são memorizados e o acumulado é zerado novamente. O número de dias até a troca também é acumulado. Desta forma, foi realizada a transição da troca por tempo para a troca por tonelagem de material passante.

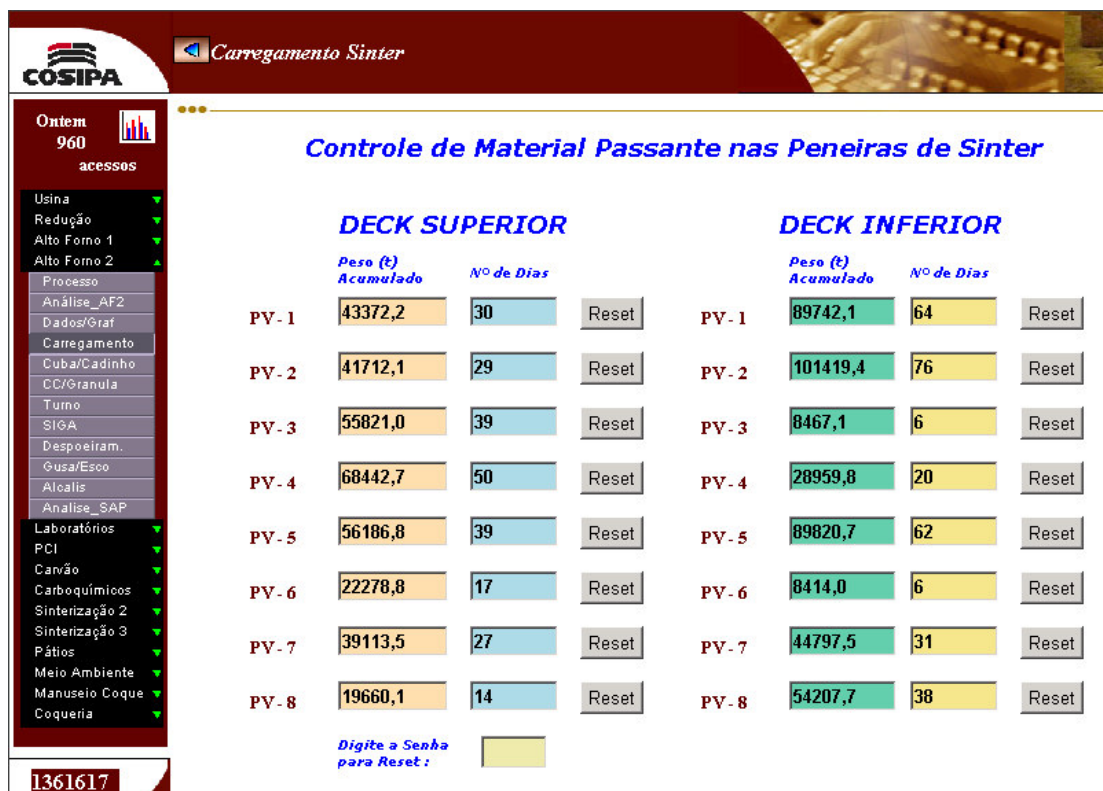


Figura 9 – Controle por tonelagem de material passante nos decks da peneira de sinter.

As outras seis ações de contramedida listadas na tabela 3 também foram implantadas com responsável e prazo. Estas ações de contramedida foram consideradas concluídas em janeiro de 2008.

2.6 Monitoramento dos Resultados

A Figura 10 mostra a média mensal da % de sinter > 6,35 mm no RAF. Os trabalhos do grupo foram iniciados em agosto/2007 e por volta de janeiro/2008 as ações de contramedida para as causas primárias foram todas implementadas.

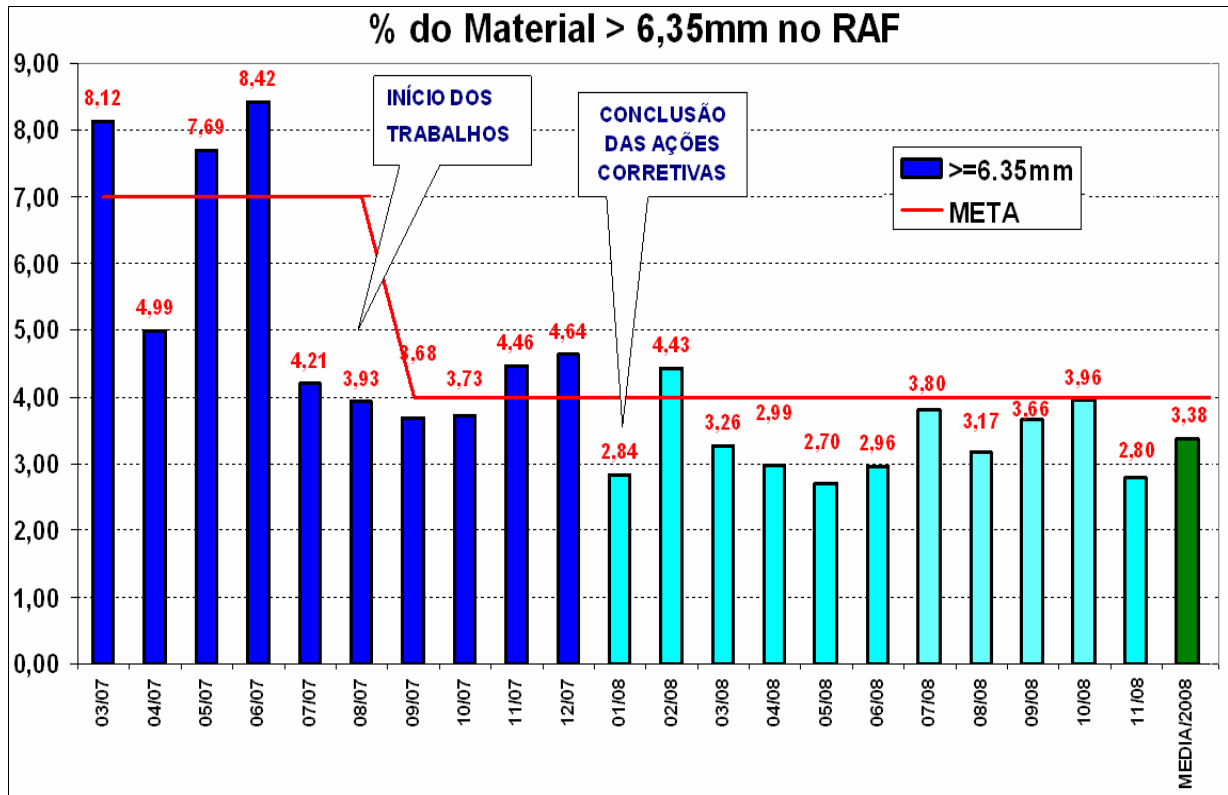


Figura 10 – Monitoramento dos resultados (média mensal da % > 6,35mm no RAF).

Inicialmente trabalhava-se informalmente com um limite máximo de 7% de % > 6,35 mm no RAF, mas mesmo este valor era ultrapassado, conforme mostra a figura 9. O grupo ao iniciar os trabalhos adotou como meta o valor máximo de 4% de % > 6,35 mm no RAF. A não adoção uma meta de 0% se deve às características inerentes da malha autolimpante, que mesmo em perfeito estado, pode permitir a passagem de partículas até 1,5 vezes a abertura da malha.

Após a conclusão das ações corretivas, observa-se em cor mais clara na figura 9 que a média obtida no período de janeiro a novembro/2008 foi de 3,38%, atendendo a meta traçada pelo grupo.

2.7 Padronização

Os resultados obtidos pelo grupo foram consistentes, porém podem ocorrer desvios. O grupo monitora a média semanal da % > 6,35 mm no RAF e quando desvios ocorrem, os mesmo devem ser bloqueados.

Esta ação foi necessária no mês de fevereiro de 2008, como podemos observar na Figura 10, onde os desvios ocorridos elevaram a média mensal para valores acima da meta (4,43% na % > 6,35 mm no RAF em fev/2008). Como medida de contenção o grupo abriu uma ficha de análise de desvios, mostrada na Figura 11, constatando uma nova causa primária que é o desgaste na calha de segmento, causando represamento do material e desvio para o RAF. Neste caso, o processo reinicia novamente com uma nova “análise dos 5 porquês”, mostrada na Tabela 5, de modo a determinar a causa primária do desgaste e a ação de contramedida para erradicá-la.

COSIPA			Superintendê	GERENTE	SUPERVISOR	LÍDER
FICHA DE ANÁLISE DESVIOS			C-IPQ	C-IGF		
LINHA: da ocorrência	DATA: da ocorrência	HORÁRIO: da parada		INDICADOR	TIPO OCORRÊ	DETECTOU
DESCRIÇÃO No mês de fevereiro de 2008, o índice de avaliação do frente de peneiramento de sinter (> 6,35mm) apresentou uma elevação acima da nova meta de 4%. Foi observado que o devido ao desgaste da chapa na calha de direcionamento havia represamento de material na calha de descarga fazendo com que o material grosso fosse direcionado para RAF.				PERDA	DOCUMENTO SOPORTE	
SINTOMAS Foi observado elevação da fração granulométrica no RAF (amostra individual das peneiras).			Bloqueado	DATA DE ELABORAÇÃO		
CAUSA RAIZ Desgaste da calha de segmento devido falta de inspeção			S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	19/03/2008		
CONTRAMEDIDAS Implantar ponto de inspeção			RESPONSÁVEL	PRAZO		
			Lima	04/08		
			ESCLARECIMENTOS ADICIONAIS: (FOTO / DESENHOS)  <p>ANTES</p> <p>DEPOIS</p> <p>CABA DESGASTE DA CALHA DE SEGMENTO COM DEFEITO (RETENÇÃO DE MATERIAL)</p> <p>SUA RETENÇÃO DE MATERIAL</p>			

Figura 11 – Ficha de análise de desvios.

Tabela 5 – Diagrama 5 Porquês para desvio.

DIAGRAMA 5 PORQUÊS								
ITEM	O que ?	Porque ?	Porque ?	Porque ?	Porque ?	Contramedidas	Resp.	Prazo
7	Acúmulo de material e tranbordamento para RAF na calha de segmento	Desgaste da calha de segmento	Impacto do material na saída da peneira para a balança	Falta de controle da vida útil da calha	-	Implantar ponto de inspeção na calha de segmento	Lima	mar/08

3 RESULTADOS

A Tabela 6 mostra os resultados atingidos com o projeto em termos de redução de perdas de sinter bom para alto-forno. Considerando uma redução média de 1,75% nas perdas de sinter, obtemos uma redução de perdas maior que 8.000 t em 2008 (até novembro). Considerando o período desde o início do projeto a redução de perdas é maior que 10.000 t.

Com base nos resultados obtidos no ano de 2008, o grupo decidiu adotar como meta para o ano de 2009 um limite máximo de 3% > 6,35 mm no RAF.

Tabela 6 – Resultados do projeto

		Cálculo	Unidades	Ano 2008 (até Nov.)	Período ago/07~out/08
A	Sinter consumido no Alto Forno	Pesado	t	2589968	3904679
B	Rendimento de Sinter (média do período)	Amostragem	%	84,53	84,87
C	Sinter abastecido para Alto Forno	= A * 100 / B	t	3064109	4600585
D	Retorno de finos RAF	= C - A	t	474140	695906
E	Media anterior da % > 6,35 no RAF	Amostragem	%	5,13	5,13
F	Meta (% > 6,35 mm no RAF)	Meta	%	4,00	4,00
G	Media no período (% > 6,35 mm no RAF)	Amostragem	%	3,38	3,61
H	Redução de perdas	= E - G	%	1,75	1,52
I	Redução de perdas	= H * D	t	8297	10578

4 CONCLUSÃO

As etapas do trabalho foram basicamente definir o problema, identificar e eliminar as causas primárias das perdas, executar as ações corretivas, monitorar os resultados e padronizar as ações de controle. Após a conclusão de todas estas etapas os resultados obtidos indicaram uma redução de perdas de sinter maior que 8000 t/ano, resultando em um ganho proporcional em redução de compra de pelotas de minério de ferro.

REFERÊNCIAS

- 1 CHAVES, A. P.; PERES, A. E. C. Teoria e Prática do Tratamento de Minérios, volume 3, 3. Ed. – São Paulo, Signus Editora, 2006
- 2 EMBRATELAS, Empresa Brasileira de Telas. (<http://www.embratelas.com.br>) acessado em 23/01/2009