



# ADEQUAÇÃO DO PENEIRAMENTO DE SÍNTER DO ALTO-FORNO 3 DA USIMINAS – IPATINGA/MG<sup>1</sup>

Helton Hostt<sup>2</sup>

Jair Antônio dos Santos<sup>3</sup>

Cesar Almeida Assis<sup>4</sup>

Gustavo Serrano dos Santos<sup>5</sup>

## Resumo

No presente trabalho são mostrados os resultados alcançados no Alto-Forno 3 com a alteração da abertura das telas do 1<sup>o</sup> *deck* e modificação do modelo de telas utilizados no 2<sup>o</sup> *deck* das peneiras de sinter. Esta operação foi realizada visando otimizar o peneiramento deste material, contribuiu na estabilidade do processo de redução. Como resultado foi obtido a redução da fração < 5 mm no *oversize* e a melhoria do rendimento de sinter produto, devido à diminuição da fração > 5 mm do material passante *undersize*. Além disso, em consequência da modificação do modelo das telas, ocorreu também a redução do tempo e da mão de obra utilizada para troca das telas, aumentando a disponibilidade dos equipamentos para a operação.

**Palavras-chave:** Amostragem; Peneiramento; Telas; Eficiência.

## SINTER SCREENING IMPROVEMENT AT USIMINAS BLAST FURNACE 3 IPATINGA/MG

### Abstract

The paper show the results in the Blast Furnace 3 with opening screens change of the 1<sup>st</sup> deck and modification of screens model used in the 2<sup>nd</sup> deck of sinter sieves. This operation was conducted in order to optimize the screening, contributed to the furnace stability. The result was a reduction in oversize fraction < 5 mm, and improvement of sinter product yields due to the decrease of the fraction > 5 mm of undersize passing material. Furthermore, as a result of the screen model modification, also it was possible a reduction in time for maintenance of exchange screens, increasing the availability of equipment for the operation.

**Key words:** Sampling; Screening; Screens; Efficiency

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 40º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas e 11º Seminário Brasileiro de Minério de Ferro, 19 a 22 de setembro de 2010, Belo Horizonte, MG.

<sup>2</sup> Assistente Industrial, Superintendência de Redução da Usiminas; Ipatinga, MG.

<sup>3</sup> Técnico de Produção II, Superintendência de Redução da Usiminas; Ipatinga, MG.

<sup>4</sup> Engenheiro Metalurgista; Superintendência de Redução da Usiminas; Ipatinga, MG.

<sup>5</sup> Engenheiro Metalurgista; Superintendência de Redução da Usiminas; Ipatinga, MG.

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento gradativo, observado ao longo dos anos, de produtividade e o consequente sub-dimensionamento atual do sistema de peneiramento dos altos-fornos resulta na necessidade da passagem de uma quantidade maior de material sobre as telas das peneiras, provocando grande índice de obstrução das aberturas e desgaste das telas e chapas, impedindo assim o processo eficaz de peneiramento. Em face destas condições, foi criado um grupo de trabalho para estudar e implantar melhorias ao sistema de peneiramento do Alto-Forno 3, visando reduzir o carregamento de matéria-prima com fração granulométrica  $< 5$  mm. Este trabalho apresenta os resultados obtidos no que se refere à redução da porcentagem de sínter com granulometria  $< 5$  mm carregado no Alto-forno 3 e da porcentagem de sínter com granulometria  $> 5$  mm presente no retorno para a sinterização, após as alterações realizadas nas telas do 1º e 2º decks das peneiras de sínter.

## 2 DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento desse trabalho é baseado em avaliação dos resultados das amostras, obtidas durante o peneiramento do sínter para o Alto-Forno 3.

Na primeira etapa, buscou-se identificar a eficiência do peneiramento de sínter nas condições reais de operação, realizando amostragem do produto a ser consumido no alto-forno.

Na segunda etapa, após estudo e modificação das telas do 1º e 2º decks, das peneiras de sínter, foram feitas correlações das amostras obtidas antes e posterior às modificações.

### 2.1 Conceitos Gerais de Operação de Alto-forno

O alto-forno é um reator em contracorrente, no qual a carga metálica é reduzida ao longo de sua descida pelo forno. O gás gerado nas regiões inferiores sobe até encontrar a zona coesiva. A partir desta zona o gás é distribuído através do forno pelas janelas de coque. As camadas da carga, incluindo a zona coesiva, são responsáveis em princípio, por aproximadamente 85% da resistência ao fluxo de gás, considerando em torno de 15 % na zona granular e 70 % na zona coesiva, conforme é ilustrado na Figura 1. O próprio formato da zona coesiva vai depender do escoamento do fluxo gasoso.

Objetiva-se, então, no processo de redução da carga no interior do alto-forno, garantir as melhores condições para o escoamento dos gases gerados na região inferior do forno. Assim, uma boa permeabilidade do leito está diretamente ligada à redução do carregamento de finos de sínter.

O fator mais importante na determinação da permeabilidade para o fluxo de gás é a quantidade de vazios entre as partículas. A fração de vazios entre as partículas depende fortemente da proporção de partículas grossas e pequenas. Quanto mais ampla for a distribuição dos tamanhos, menor será a quantidade de vazios. Não obstante, quanto mais finos forem os materiais, mais baixa será a permeabilidade.

A permeabilidade da carga na zona granular do alto-forno é determinada, principalmente pela quantidade de finos, considerados como a porcentagem de partículas  $< 5$  mm. Estes finos são distribuídos de forma não uniforme ao longo do raio do forno.

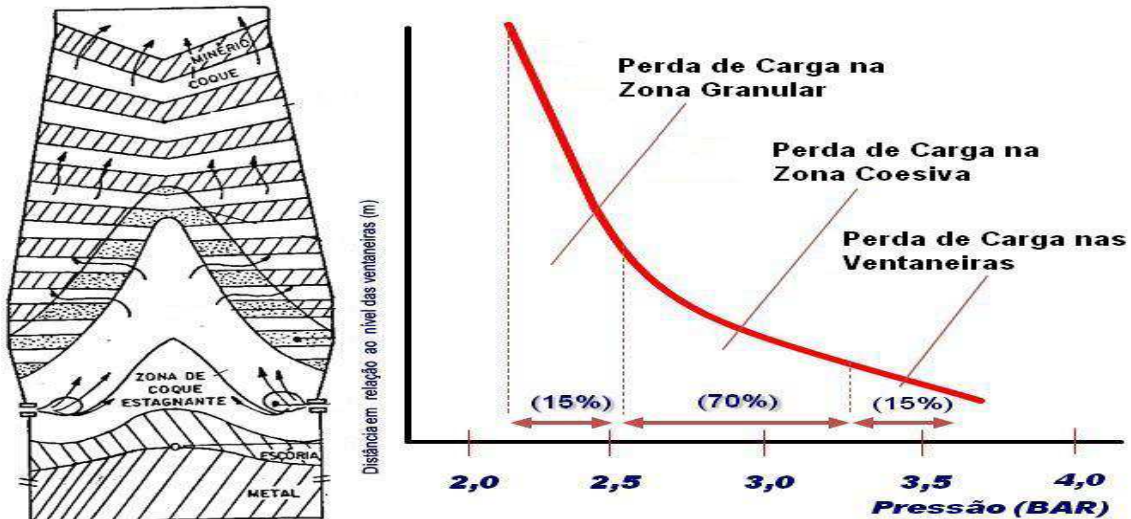


Figura 1. Perda de carga no interior do alto-forno.<sup>(1)</sup>

Esta quantidade de finos é determinada pela eficiência do peneiramento na casa dos silos, pela degradação física durante o transporte e carregamento e pelas propriedades de resistência à degradação da carga sob redução a baixa temperatura.

## 2.2 Efeito da Granulometria dos Materiais na Porosidade da Carga

Na zona seca do alto-forno, a permeabilidade da carga depende da fração de vazios da região, que por sua vez, depende da quantidade da fração de finos presentes na região, considerando como finos as partículas < 5 mm de diâmetro. Pela Figura 2 é ilustrada a dependência da fração de vazios com a relação volumétrica de partículas menores e maiores.

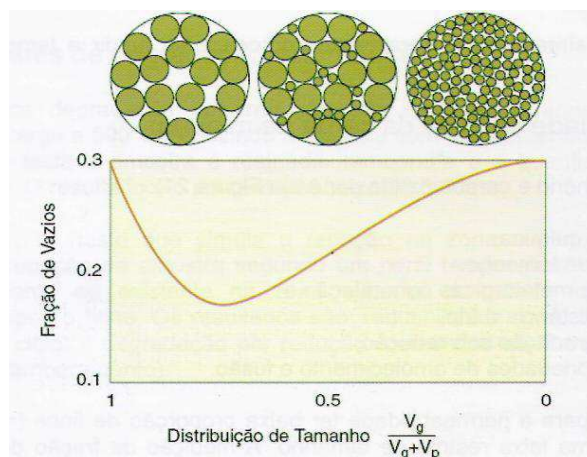


Figura 2. Fração de vazios em leitos compostos de partículas de pequeno volume ( $V_p$ ) e de grande volume ( $V_g$ ).<sup>(92)</sup>

Observa-se pela Figura 2 que a fração de vazios de leitos compostos de partículas maiores ou menores é relativamente similar. No entanto, quando existe a mistura de tamanhos, ocorre uma redução significativa da fração de vazios, passando por um mínimo na proporção de cerca de 20% a 25% de partículas menores entre as maiores. Este fenômeno se deve ao fato de que as partículas menores ocupam os interstícios das maiores, reduzindo assim a fração de vazios e, por consequência a permeabilidade, mostrado na Figura 3.

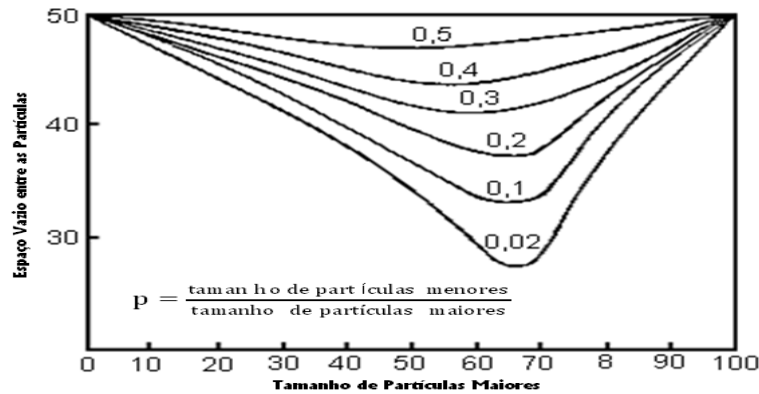


Figura 3. Efeito da granulometria dos materiais na porosidade da carga.<sup>(3)</sup>

Contudo, cada matéria-prima tem influência diferente na perda de carga no leito granulado. Em função da estrutura física de cada material, a perda de carga é diferente, como apresentado na Figura 4.

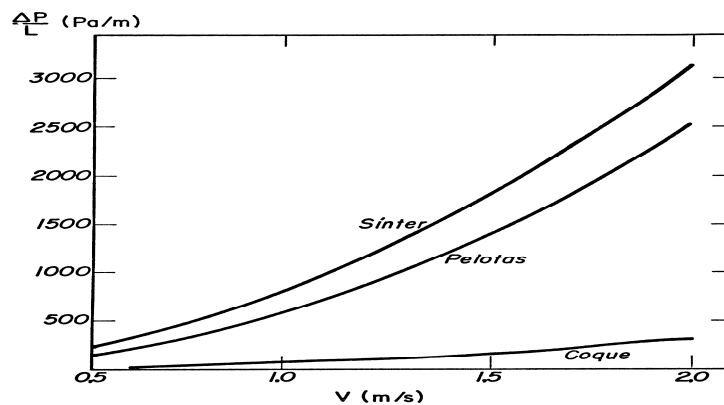


Figura 4. Perda de pressão em leito granulado de matéria-prima com granulometria industrial.<sup>(3)</sup>

### 2.3 Fatores que Influenciam na Eficiência de Peneiramento

O principal material constituinte da carga metálica do alto-forno é o sinter, com participação em média de 70% a 80% na composição da carga. Sendo assim, um requisito importante para a carga do alto-forno é manter a quantidade de finos de sinter sob controle em um nível baixo e para isto, é importante:

- peneiramento adequado dos materiais da carga antes do carregamento; e
- peneiras com malhas de abertura de 5 mm a 6 mm .

E, para que o peneiramento seja adequado, existem vários fatores que influenciam na eficiência:

- granulometria e qualidade do sinter;
- condições de trabalho das peneiras;
- controle de vazão de sinter na peneira; e
- situação (limpeza) das telas e/ou chapas das peneiras.

### 2.4 Sistema de Peneiramento do Alto-forno 3

Sob os silos de sinter do Alto-Forno 3 existem peneiras vibratórias. O material retido em cada peneira alimenta uma tremonha balança. Os finos (passante) são recebidos em uma correia e retornam à área de matérias-primas. A classificação granulométrica se faz em dois estágios, sendo o primeiro como *deck* de alívio e o segundo como separador da fração ideal para a operação.



O Alto-Forno 3 possui um sistema com oito peneiras conforme descrição:

- peneira vibratória;
- sistema de excitação por eixo excêntrico;
- área de peneiramento: 2980 mm x 1600 mm = 4,768 m<sup>2</sup>;
- movimento linear com inclinação de 3°;
- ano de instalação: 1974.

O peneiramento é a seco, com o material na sua umidade natural.

Inicialmente, a especificação da tela era conforme descrito a seguir.

Pela Figura 5 são demonstradas as telas do 1º deck.

- oito módulos de chapa expandida com revestimento de eletrodo UTP 705;
- abertura: 8 mm x 30 mm; e
- superfície e abertura irregular.

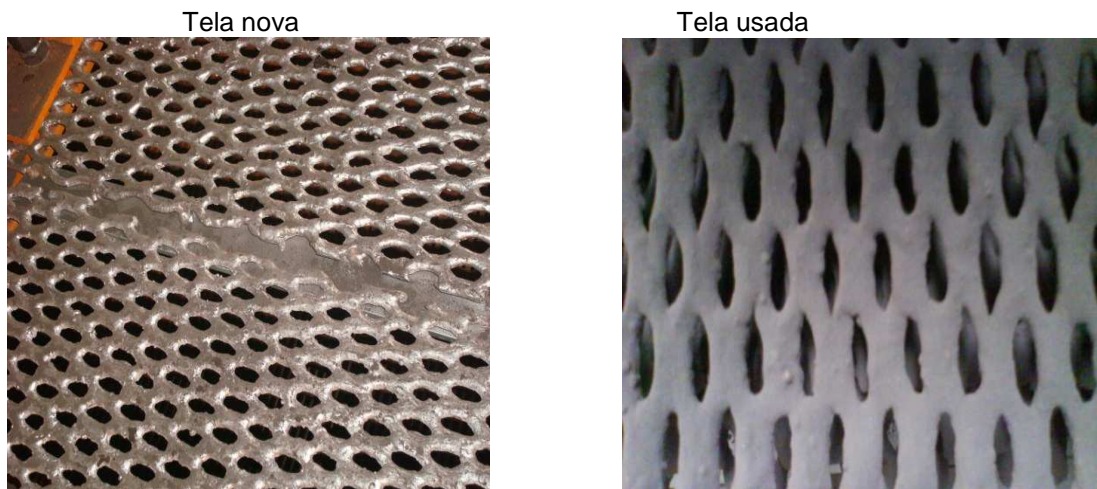


Figura 5. Chapa expandida com revestimento de eletrodo UTP 705.

Pela figura 6 são demonstradas as telas do 2º deck:

- oito módulos de tela de arame reto 6 mm x 30 mm;
- abertura: 6 mm x 30 mm; e
- superfície e abertura regular.

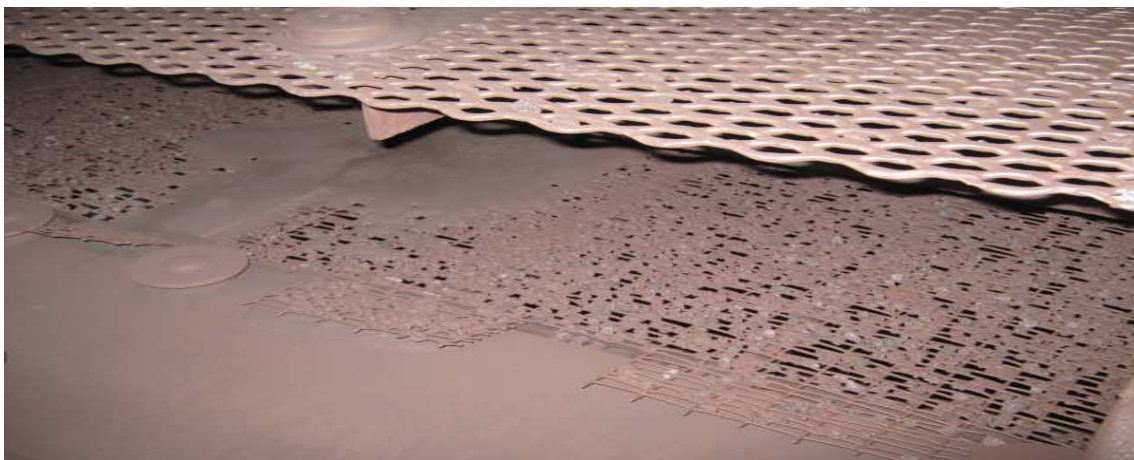


Figura 6. Tela de arame reto 6 mm x 30 mm.

## 2.5 Amostragens de Sínter das Peneiras – Condição Inicial

O sistema de peneiramento do Alto-Forno 3 data de 1974, compatível com uma produtividade de 2,04 t/dm<sup>3</sup>. Ao longo dos anos, a produtividade foi sendo elevada, conseqüentemente, aumentando a vazão de material sobre as peneiras, sem investimento significativo no sistema de peneiramento. Esta condição leva a obstruções constantes das telas das peneiras de sínter, conforme apresentada na Figura 6, sendo necessário reduzir a disponibilidade para trabalho em função da necessidade de limpeza diária com água em alta pressão.

Com a finalidade de constatar a eficiência do sistema de peneiramento de sínter, foram realizadas amostragens do material retido nas peneiras *oversize* para avaliar a porcentagem de material < 5 mm, retido no sínter de alto-forno.

Os resultados das amostragens realizadas no mês de Julho/09, são apresentados na Figura 7.

Condição das peneiras:

1º *deck*: Chapa expandida 8 mm x 30 mm

2º *deck*: Tela de arame reto 6 mm x 30 mm

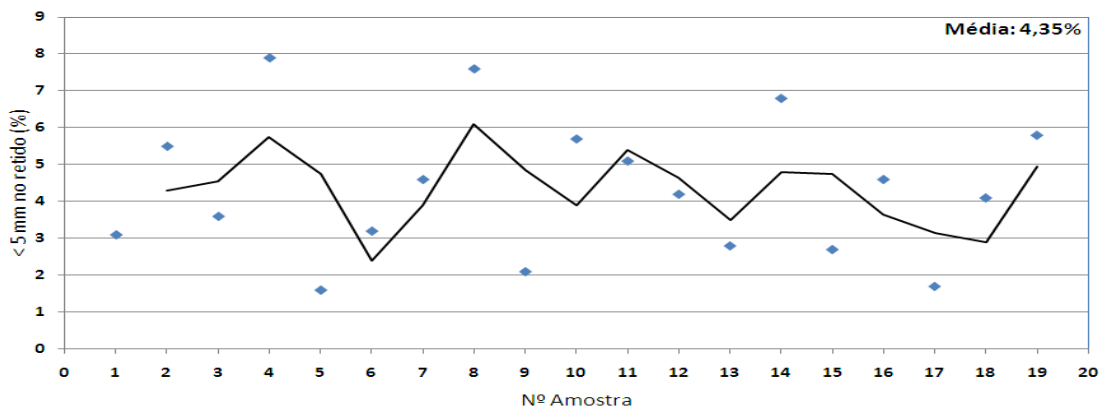


Figura 7. Material fino carregado no alto-forno.

As condições operacionais, no período de amostragem, são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Amostragem de sínter – peneiramento Alto-forno 3

Telas Originais			
Peneiras	1º <i>deck</i>	Abertura	(8x30) mm
		Tela	chapa expandida
	2º <i>deck</i>	Abertura	(6x30) mm
		Tela	Arame
< 5 mm na carga metálica			4,35%
Retorno			(13~14)%
> 5 mm no retorno			60%

Verificou-se que a fração < 5 mm do produto para o alto-forno, apresentava-se na faixa superior de controle (< 4,5%) e ainda o material passante *undersize* demonstrava conter uma porcentagem alta de material > 5 mm, produto para alto-

forno. É importante destacar que as peneiras apresentavam alto índice de manutenção, sendo sempre necessário realizar intervenções para reparar as telas, devido arrombamentos, trocas considerando o desgaste acentuado, além das situações de obstruções constantes das telas, conforme já citado, diminuindo assim a eficiência do peneiramento.

Diante deste contexto, foi desenvolvido um plano de ação, no qual foram propostas modificações nas telas do 1º e 2º decks das peneiras, visando reduzir a quantidade de partículas < 5 mm do produto para o alto-forno.

Após estudo da melhor disposição de telas, optou-se por instalar no 1º deck, telas de chapas perfuradas, com abertura de 12 mm x 57 mm e no 2º deck foram adaptadas telas de arame ondulado, mantendo abertura de 6 mm x 30 mm.

Pela Figura 8 são demonstradas as telas do 1º deck, após modificação:

- oito módulos de chapa perfurados (Material USI-Ar 400);
- abertura: 12 mm x 57 mm; e
- superfície e abertura regular.

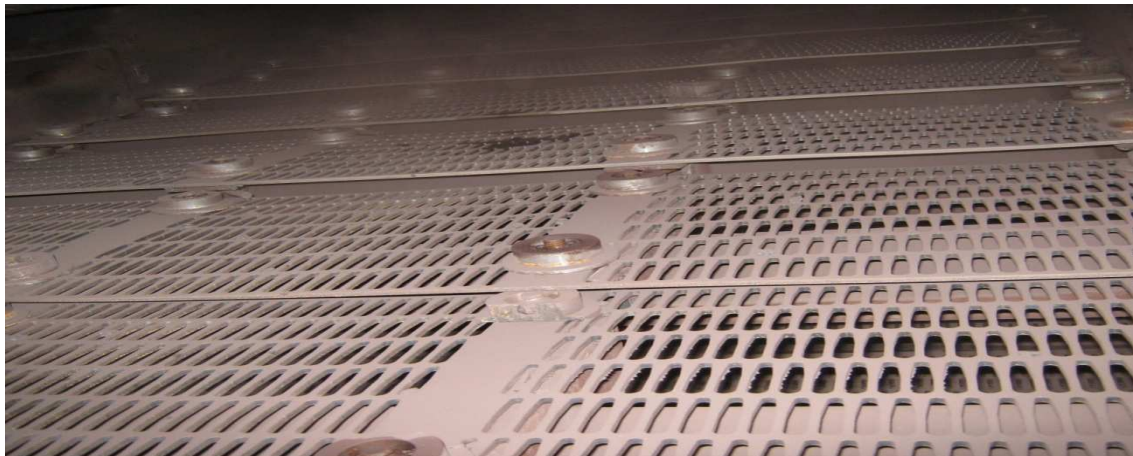


Figura 8. Chapa perfurada de 12 mm x 57 mm.

Pela Figura 9 são demonstradas as telas do 2º deck.

- oito módulos de tela de arame ondulado ;
- abertura: 6 mm x 30 mm; e
- superfície e abertura regular.

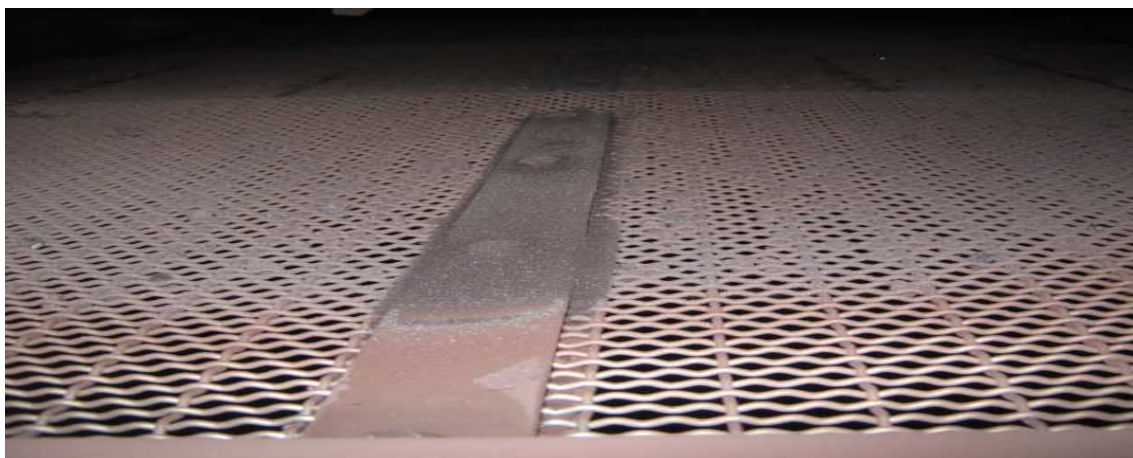


Figura 9. Tela de arame ondulado 6 mm x 30 mm.



## 2.6 Amostragens após Modificações das Telas

Após modificações das telas, foram coletadas várias amostras para avaliar a eficiência das modificações implantadas.

Resultados das amostragens realizadas no mês de agosto/09:

1º deck: chapa perfurada 12 mm x 57 mm;

2º deck: tela de arame ondulado 6 mm x 30 mm.

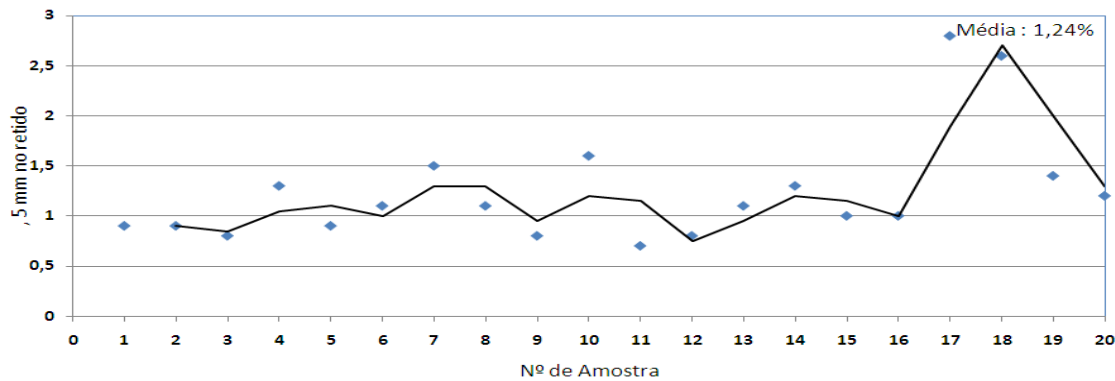


Figura 10. Fração < 5 mm no retido.

Observou-se com a modificação das telas, que a fração de material < 5 mm do produto para o alto-forno apresentou redução significativa em média 1,24%.

Pode-se verificar na Tabela 2, a evolução no que diz respeito à redução da fração granulométrica do < 5 mm carregado no alto-forno.

Tabela 2. Amostragem de sinter – peneiramento Alto-Forno 3

Telas Originais				Modificação 1º deck
Peneiras	1º deck	Abertura	(8x30) mm	(12x57) mm
		Tela	chapa expandida	chapa aço
	2º deck	Abertura	(6x30) mm	(6x30) mm
		Tela	arame	arame
< 5 mm na carga metálica			4,35%	1,24%
Retorno			(13~14)%	19%
> 5 mm no retorno			60%	70%

Conforme verificado na Tabela 2, a redução da fração de material < 5 mm foi importante, mas, verificou-se uma elevação em torno de 16,7%, de sinter produto no material passante *undersize* que deveriam ser consumido no alto-forno. Constatou-se que as telas apresentaram melhor eficiência na limpeza, o que pode ter contribuído para o aumento da fração de material >5 mm no passante *undersize* para a sinterização.



## 2.7 Trocas das Telas do 2º Deck

Em função do aumento da fração de material > 5 mm no retorno de sinter para a sinterização, do alto índice de manutenção das peneiras e ainda da ocorrência de obstruções das telas, houve necessidade de realizar nova modificação nas telas do 2º deck. Verificado a vantagem que as telas de borracha poderiam oferecer, optou-se pela sua implantação em substituição às telas de arame do 2º deck. Foi modificada a abertura das telas do 2º deck para 5 mm x 30 mm (Figura 11).

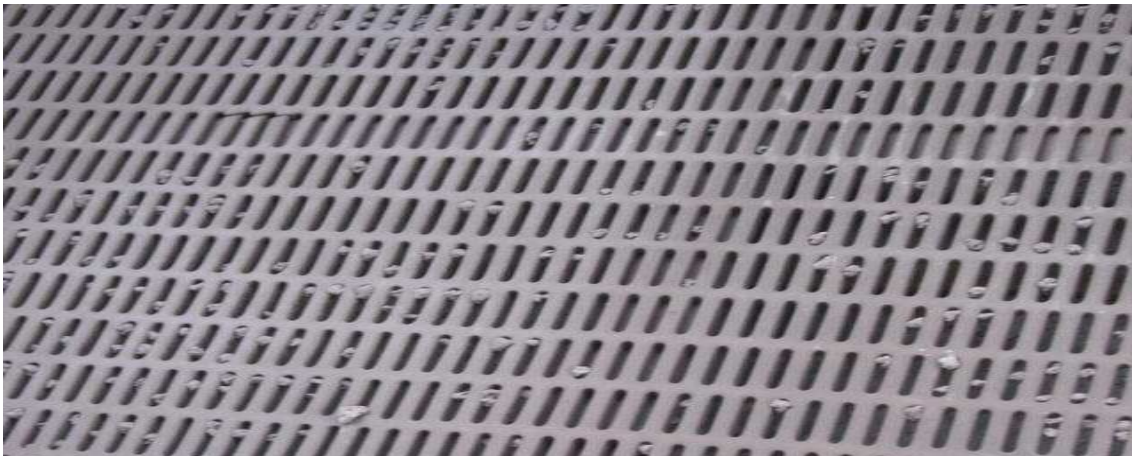


Figura 11. 2º deck - tela de borracha 5 mm x 30 mm.

Os resultados das amostragens realizadas no mês de Dezembro/09, são apresentados na Figura 12.

1º deck: chapa perfurada 12 mm x 57 mm

2º deck: tela de borracha 5 mm x 30 mm

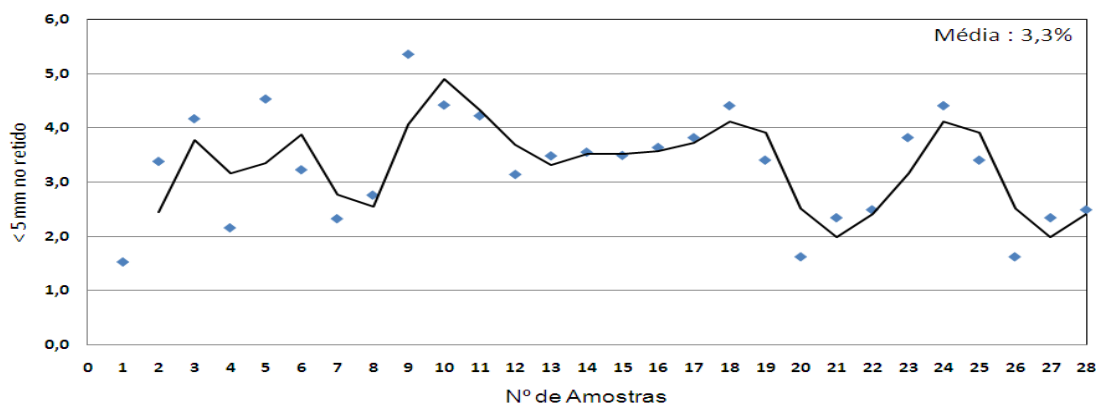


Figura 12. Fração < 5 mm no retido.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fazendo uma correlação entre os resultados das amostragens realizadas, verifica-se que na faixa granulométrica, apresentada pelas duas configurações de telas de arame, ocorreu redução expressiva na fração < 5 mm, quando houve modificação do 1º deck com a chapa perfurada 12 mm x 57 mm, apresentadas na Tabela 3.

Com a implantação das telas de borracha, houve pequena elevação da fração de material < 5 mm de 1,5% para 3,0%, porém, abaixo do valor de controle (4,5%). Ocorreu, contudo, redução de 50% na perda de sinter produto que era enviado para sinterização. A vida útil das telas aumentou de 4 meses para aproximadamente 8

meses, além da redução do tempo de troca das telas, diminuindo necessidade de mão de obra e garantindo maior disponibilidade das peneiras para a operação.

**Tabela 3.** Amostragem de sinter – peneiramento Alto-Forno 3

Telas Originais				Modificação 1º deck	Modificação 2º deck Situação atual
Peneiras	1º deck	Abertura	(8x30) mm	(12x57) mm	(12x57) mm
		Tela	chapa expandida	chapa aço	chapa aço
	2º deck	Abertura	(6x30) mm	(6x30) mm	(5x30) mm
		Tela	arame	arame	borracha
< 5 mm na carga metálica			4,35%	1,24%	3,3%
Retorno			(13~14)%	19%	16%
> 5 mm no retorno			60%	70%	35%

### 3.1 Perda de Carga

A perda de carga leva em consideração os efeitos viscosos e turbulentos do escoamento conforme Equação de Ergun,<sup>(3)</sup> sendo que esta perda de carga depende da propriedade do gás, do sólido a ser carregado, porosidade do leito, do fator de forma, da distribuição e do diâmetro das partículas, mostrado na Figura 13. No caso, o fator de forma é um parâmetro cujas variações escapam ao controle do operador, além de proporcionar perda de carga menos acentuada quando comparado às outras variáveis da equação.

Assim, um ponto importante a ser destacado foi o aumento do tamanho médio das partículas em função da redução da porcentagem da fração fina de sinter carregado no Alto-Forno 3. A partir da modificação das telas do 1º *deck*, passando de 8 mm x 30 mm de chapa expandida, para 12 mm x 57 mm de chapa perfurada, o tamanho médio das partículas aumentou de 10,35 mm (ponto A) para 16,09 mm (ponto B). Esta alteração resultou na redução da perda de carga na zona seca, que por consequência levou a uma melhora na permeabilidade da carga. Vale destacar que o gráfico da Figura 13 foi adquirido da literatura,<sup>(3)</sup> contudo os valores de porosidade e fator de forma estão próximos dos valores praticados no Alto-Forno 3.

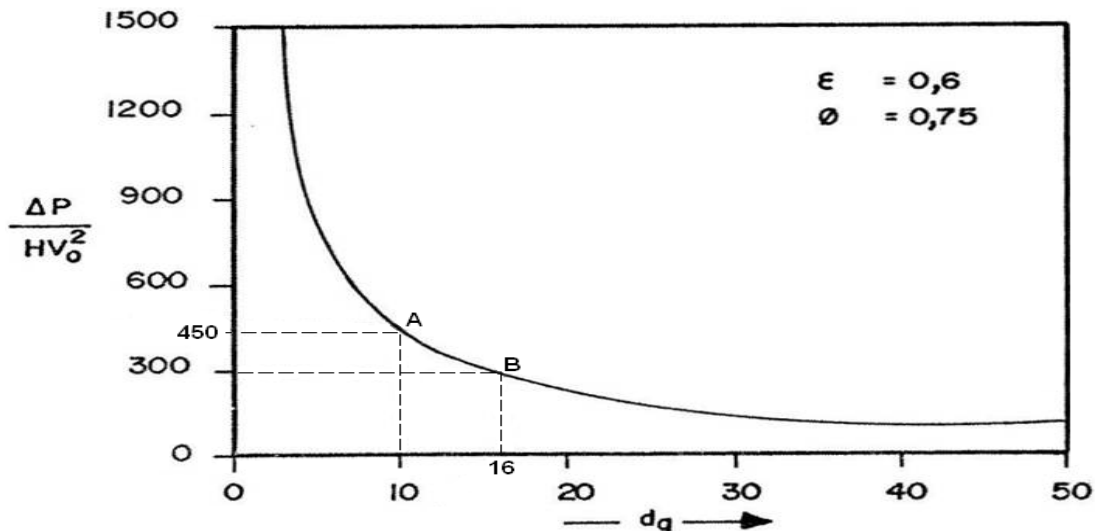


Figura 13. Perda de carga em um leito poroso Equação de Ergun<sup>(3)</sup>

#### 4 CONCLUSÃO

A redução da concentração de sinter com granulometria < 5 mm carregado no Alto-Forno 3, após as alterações realizadas nas telas do 1º e 2º decks das peneiras, favorece uma melhor permeabilidade da coluna de carga aos gases ascendentes, tendo em vista que o menor *input* de finos no forno contribui na manutenção do índice de vazios. Portanto, a ação contribui na estabilidade do processo e na redução de custo.

A alteração na configuração das telas do sistema de peneiramento melhora a operação do alto-forno, uma vez que aumenta o diâmetro médio das partículas no forno e, conseqüentemente, a permeabilidade do leito, resultando em uma menor perda de carga e na possibilidade de ganhos de produtividade.

#### REFERÊNCIAS

- 1 QUITES, E.E.C. Introdução à Siderurgia/Redução de Minérios de Ferro em Altos Fornos. São Paulo: ABM, 2007. (Coleção Metalurgia e Materiais-obra de difusão). P 12 – 24.
- 2 FALCONI, C.V. Tecnologia da Fabricação de Ferro Gusa em Alto Forno. UFMG/Fundação Cristiano Ottoni, Belo Horizonte/MG, 1984.
- 3 GONÇALVES, C.A. MUCIDA, J. Distribuição de Gás e Perda de Carga em leitos fixos constituídos de partículas uniformes. Simpósio COMIN-COMAP-COENGE/ABM; Guarujá, 1978.