

EDUARDO CASAGRANDE NETO

AUMENTO DA PRODUTIVIDADE DA MÁQUINA DE SINTER 3 DA
COSIPA

ESP/SO
2008
C261a

SÃO PAULO
2008

EDUARDO CASAGRANDE NETO

AUMENTO DA PRODUTIVIDADE DA MÁQUINA DE SINTER 3 DA
COSIPA

Monografia apresentada ao Programa de Educação
Continuada da Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo, para a conclusão de MBA em Siderurgia.

Orient. Marcelo B. Monão

SÃO PAULO
2008

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sistema convencional de alimentação de máquina.....	7
Figura 2. Esquema do ISF.....	7
Figura 3. Esquema das “slit bar”.....	7
Figura 4. Alimentação de máquina na planta de Nagoya.....	8
Figura 5. Modificações no sistema de alisamento da camada.....	9
Figura 6. Caixa acumuladora de partículas.....	9
Figura 7. Variação da % de Carbono no leito.....	10
Figura 8. Ilustração esquemática do dispositivo de remoção de pedras.....	11
Figura 9. Resultados operacionais antes e após modificações.....	12
Figura 10. Volume total dos gases de exaustão.....	13
Figura 11. Contramedidas para redução de ar falso.....	14
Figura 12. Resultados após contramedidas.....	14
Figura 13. Variação da granulação entre vários tipos de minérios.....	17
Figura 14. Perfil de temperatura e zonas no leito de sinterização.....	18
Figura 15. Comparação de resultados nas duas frações de combustível sólido.....	20
Figura16. Comparação entre a adição convencional e a adição no misturador de combustível sólido.....	21
Figura 17. Evolução da produtividade desde o start up até 2004.....	22
Figura 18. Evolução da reatividade da cal fina.....	23
Figura 19. Evolução da granulometria do calcário fino.....	24
Figura 20. Alterações realizadas no sistema de alimentação.....	24
Figura 21. Adequação do forno de ignição realizada durante a grande parada.....	25
Figura 22. Evolução da % O ₂ nos gases de exaustão após grande parada.....	25
Figura 23. Aumento da eficiência de selagem obtido na Grande Parada.....	25
Figura 24. Alteração do posicionamento do ponto final de queima após serviços executados durante a Grande Parada.....	26
Figura 25. Evolução da produtividade da Sinterização n.º 3 durante o ciclo de melhorias.....	26
Figura 26. Equipamentos previstos para a fase 4 do ciclo de melhorias.....	27

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	5
2. DESENVOLVIMENTO.....	7
2.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
2.1.1. ALIMENTAÇÃO DE MÁQUINA DE SINTER.....	7
2.1.2. REDUÇÃO DA ENTRADA DE AR FALSO.....	12
2.1.3. MICROPELOTIZAÇÃO.....	15
2.1.4. PREPARAÇÃO DE COMBUSTÍVEL SÓLIDO.....	17
2.2. LEVANTAMENTO DE DADOS.....	21
2.3. BUSCA DE ALTERNATIVAS.....	26
2.4. CONCLUSÃO.....	27
2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29

1. INTRODUÇÃO

A sinterização de minério de ferro fino é o processo de aglomeração mais utilizado em todo o mundo para obtenção de sinter, principal componente da carga metálica de um alto forno.

Atualmente a necessidade de sinter em uma siderúrgica integrada, como a COSIPA, vem se tornando cada vez mais necessária estrategicamente, frente ao elevado custo de pelotas e disponibilidade de minérios de ferro bitolado, demais participantes da carga metálica dos altos fornos.

Este trabalho tem como objetivo discutir as principais variáveis que afetam a produtividade em uma planta de sinterização e mostrar suas influência na unidade nº 3 da COSIPA.

Além do minério de ferro fino, são utilizados fundentes como calcário e cal virgem calcíticas, serpentinito e dolomita, combustível sólido como moinha de coque e antracito e resíduos industriais como pó de coletor de alto forno e carepas de laminação. Para toda esta massa de materiais daremos o nome de mistura a sinterizar.

Cada matéria-prima é dosada separadamente com o objetivo de se obter uma qualidade e produtividade objetivada. Após a dosagem, são misturadas em um tambor que além de conferir a homogeneidade da mistura, equilibra seu percentual de umidade e realizada o processo de micropelotização das partículas. Após misturada e micropelotizada a mistura a sinterizar é alimentada em uma esteira metálica formando uma camada uniforme, esta esteira é vazada em sua base por onde o fluxo de gases passará. O topo da esteira é o primeiro a receber ignição e rapidamente gases quentes passam através do leito. Após alguns instantes a ignição se completa. A partir deste momento o ar é succionado através do leito de sinterização com auxílio de um exaustor criando a zona de combustão que se move no sentido da esteira através do leito de sinterização, o processo se conclui quando todo o combustível sólido é queimado transformando toda a mistura a sinterizar em sinter. Em seguida os blocos de sinter formado são britados e classificados, onde a fração menor que 5 mm retorna ao início do processo e as frações acima de 5 mm são enviadas para os altos fornos.

Todo o processo de sinterização só é possível porque há a passagem de ar através do leito de sinterização, que é função de duas variáveis, a sucção abaixo da esteira

e a permeabilidade do leito de sinterização. Há três valores de permeabilidade que são mensurados normalmente:

- Permeabilidade antes da ignição;
- A mínima permeabilidade após ignição;
- E a permeabilidade total.

Há limitações tanto práticas quanto econômicas ao adotar altas taxas de sucção, a potência dos exaustores é proporcional à sucção ao passo que o volume é proporcional apenas a uma fração da potência de sucção. Portanto a permeabilidade do leito de sinterização é de vital importância para determinar a produtividade de uma máquina.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1. ALIMENTAÇÃO DE MÁQUINA DE SINTER

10^4 HP
 $8000 \text{ m}^3/\text{min}$

A distribuição granulométrica das partículas de sinterização, varia entre 1 e 10mm ⁽¹⁾. Para o processo é vantagem ter alguma segregação destas partículas no leito de sinterização, obtendo as maiores partículas no fundo do leito e menores na parte superior, concentrando assim o teor de carbono na parte superior da camada. No sistema convencional de alimentação de máquina, obtêm-se segregação apenas inclinando-se a placa defletora ⁽¹⁾. Modificações nos sistemas de alimentação das máquinas e em seus periféricos substituem o método convencional. A figura 1 mostra o sistema convencional de alimentação.

As figuras 2 e 3 mostram modificações no sistema de alimentação, COMO o ISF e slit bar

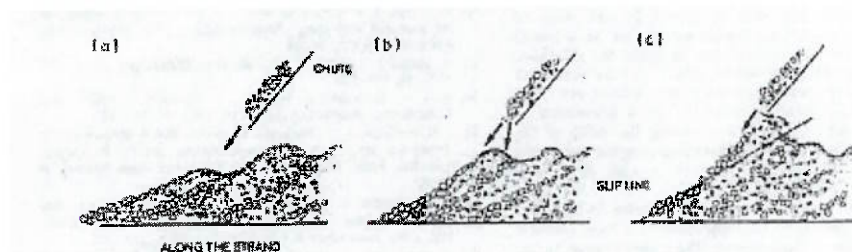


Figura 1. Sistema convencional de alimentação de máquina ⁽¹⁾.

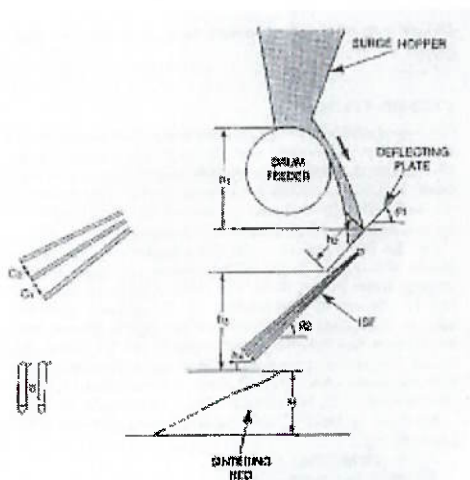


Figura 2. Esquema do ISF ⁽¹⁾.

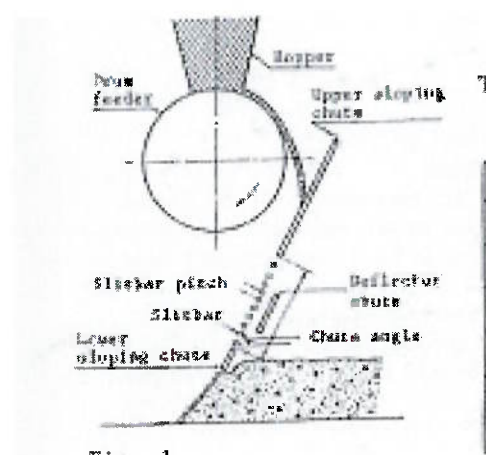


Figura3. Esquema das "slit bar" ⁽²⁾.

A seguir serão detalhadas as modificações mais significativas em plantas de sinterização, objetivando seu aumento de produtividade.

Em Nagoya da NSC ⁽²⁾, a planta de sinter conseguiu alcançar índices elevados de produtividade e rendimento através da melhoria da qualidade das matérias-primas, instalação de barras de permeabilidade e modificações na alimentação da máquina. A figura 4 mostra uma ilustração esquemática das modificações realizadas no sistema de alimentação da máquina de sinter.

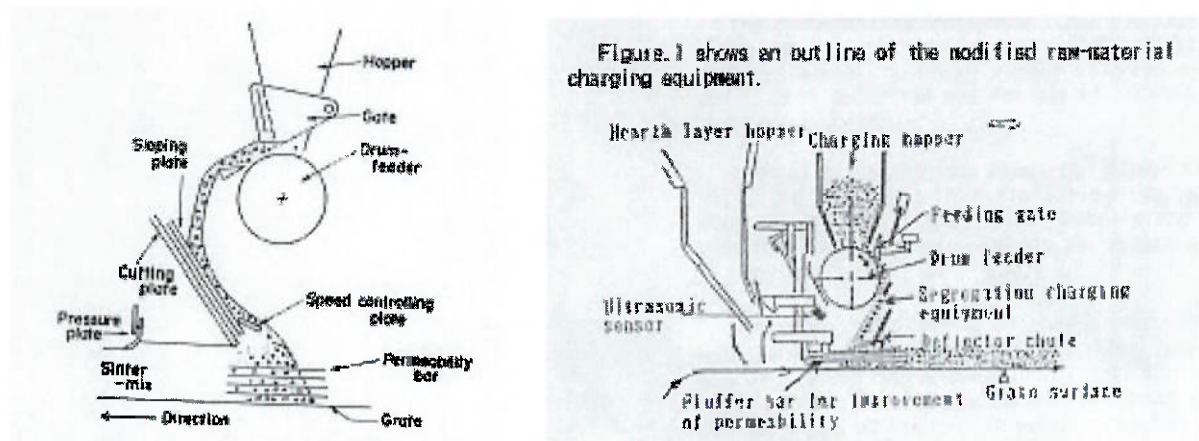


Figura 4. Alimentação de máquina na planta de Nagoya⁽²⁾.

Figuras ruins!

Em primeiro lugar foi modificado o sistema de alisamento da camada de sinterização, passando de "cut off plate" para "defletor chute cut", detalhado na figura 5. Seguindo esta modificação o sensor ultra sônico instalado para medir o nível de compactação no método anterior foi transferido para próximo da caída (talude) do material na máquina de sinter podendo assim controlar automaticamente a abertura e o fechamento da comporta do rolo de mistura. Com isto a distância entre o rolo de mistura e a placa alisadora foi reduzida diminuindo o tempo de resposta entre o rolo e o alisamento da camada.

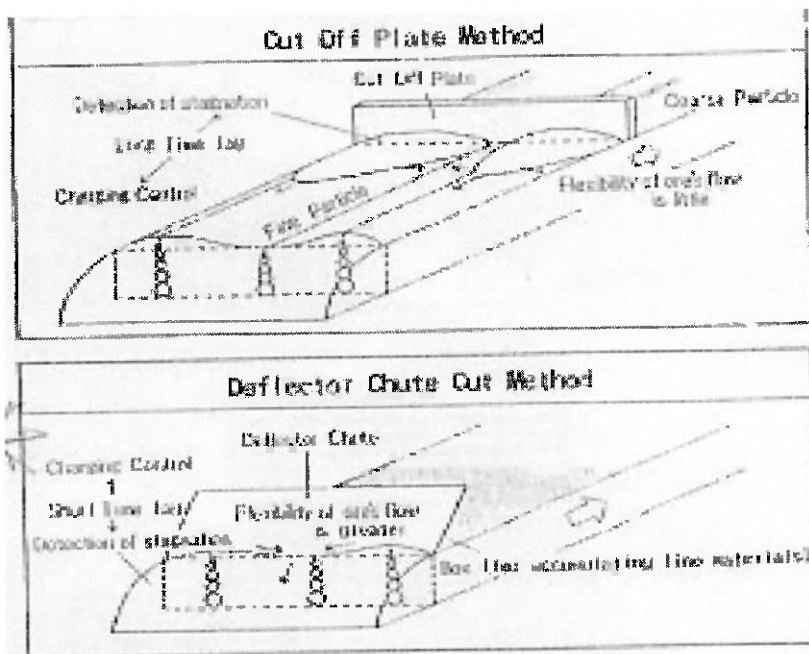


Fig. 2 Comparison of charging systems

Figura 5. Modificações no sistema de alisamento da camada⁽²⁾.

A compactação da camada na esteira de sinterização foi reduzida, através da liberdade de movimentação da matéria-prima, pois o método antigo funcionava como raspador e o método atual permite que o material se movimente sobre a placa que foi inclinada. Como resultado desta modificação a acurácia do sistema de carregamento da máquina de sinter foi melhorado, tornando a camada mais permeável.

Na figura 6 pode-se notar uma melhoria no sistema, foi instalado uma caixa acumuladora de partículas finas após a placa alisadora. Esta caixa tem a função de adicionar na parte superior da camada de sinter material mais fino com maior quantidade de carbono a partir do momento que o nível de compactação torna-se zero.

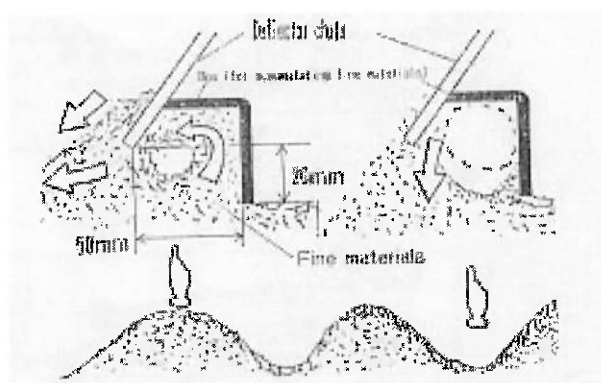


Figura 6. Caixa acumuladora de partículas⁽²⁾.

Portanto a quantidade carbono nas camadas inferior e superior da máquina de sinter segue a distribuição conforme a figura 7, obtendo maior quantidade de carbono na parte superior da máquina de sinter.

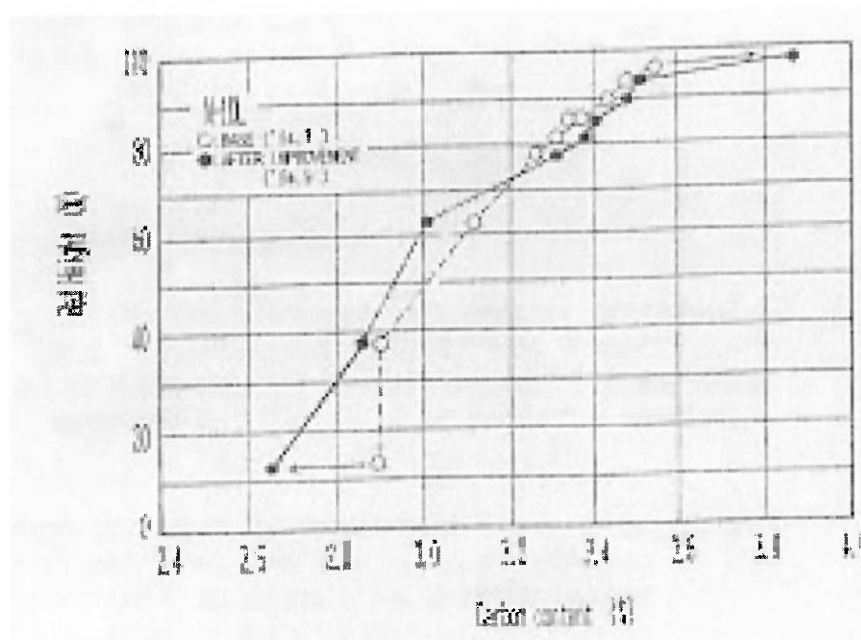


Figura 7. Variação da % de Carbono no leito⁽²⁾.

Para aumentar a permeabilidade da camada ainda foram instaladas barras de permeabilidade, conforme figura 4. Estas barras são inseridas até a uma distância de 1.000 mm após o final da placa alisadora, e a distância entre a grelha do setor e o final da barra varia entre 200 a 400 mm, mesmo durante a operação ⁽²⁾ ⁽¹²⁾.

A presença de partículas com tamanho excessivo nas matérias-primas de sinterização é extremamente prejudicial, pois alteram o comportamento do material na alimentação da máquina ⁽²⁾ ⁽³⁾ ocasionando fissuras na camada de sinter. Um sistema para retirada destas partículas foi instalado dentro de uma calha de transferência. Barras paralelas e inclinadas distantes entre si em 50 mm foram colocadas dentro de uma calha de transferência, existe a presença de um raspador que retira quaisquer partículas presas entre as barras, veja figura 8.

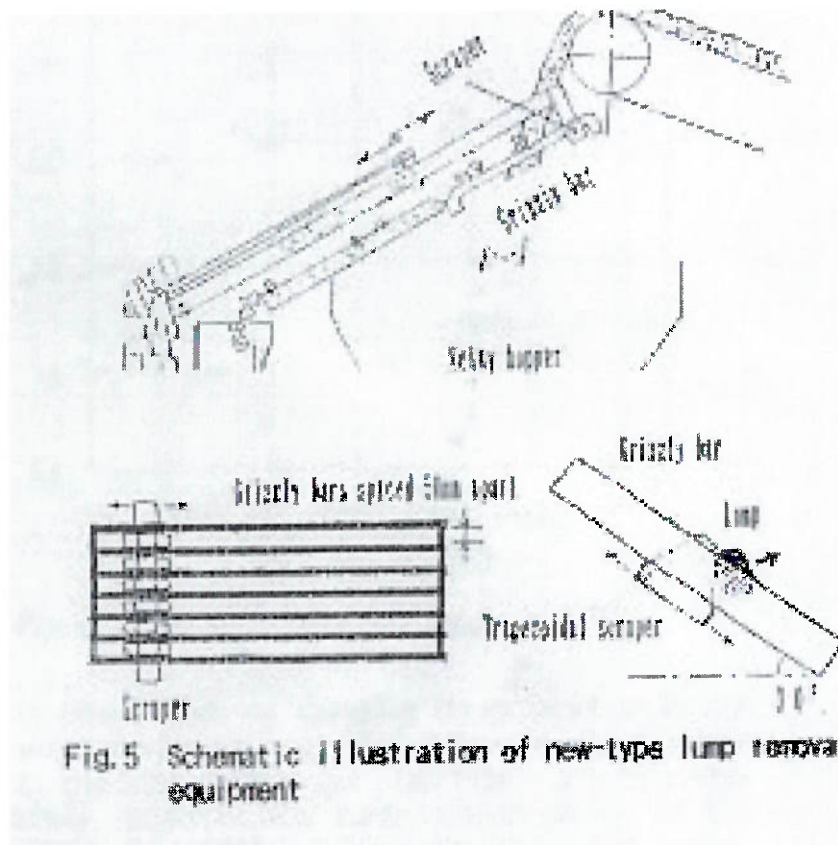


Figura 8. Ilustração esquemática do dispositivo de remoção de pedras⁽²⁾.

A figura 9 mostra os resultados antes e após as modificações realizadas na alimentação da máquina de sinter e a tabela 1 mostra os dados operacionais deste mesmo período.

Table. 1 operation results

		Base (790.81~8.16)	After improvement (790.81~9.30)	Difference
Productivity	(t/h)	11.3	14.4	+3.1 (+27.4%)
Product Yield	(%)	84.1	89.2	+5.1 (+6.1%)
Coke ratio	(kg/t)	46.9	46.6	-0.3 (-0.6%)
Electric power	(kW/t)	20.4	18.6	-1.8 (-8.8%)
CO ₂	(kg/t)	1.16	1.48	+0.32 (+27.6%)
Flame Peak Speed	(mm/h)	17.5	20.5	+3.0 (+17.1%)
Charging density	(t/m ³)	1.11	1.64	+0.53 (+47.7%)
Bed height	(m)	440	500	+60 (+13.6%)
Bar height	(m)		300	
Recharge time index	(-)	21.9	23.6	+1.7 (+7.8%)
O ₂ in exhaust gas	(%)	10.4	11.3	+0.9 (+8.7%)
CO ₂ in sinter	(%)	5.4	6.2	+0.8 (+14.8%)

7 diferente me apresentas

- %O₂

Tabela 1. Resultados operacionais antes e após modificações⁽²⁾.

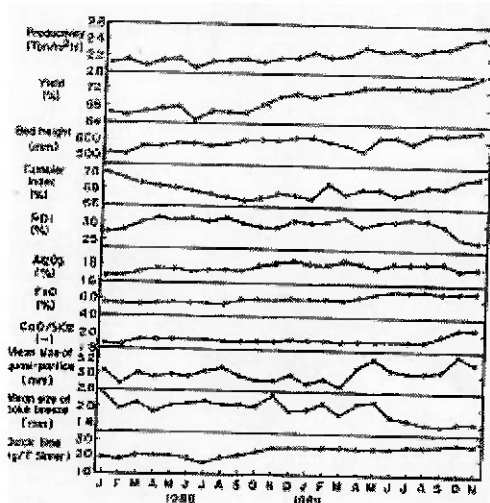


Figura 9. Resultados operacionais antes e após modificações⁽³⁾.

2.1.2. REDUÇÃO DA ENTRADA DE AR FALSO

Já a Kawasaki Stell em sua planta de Chiba ⁽⁷⁾, adotou como ponto de partida para aumento de produtividade a redução da entrada de ar falso na máquina de sinter. Como o processo de sinterização trabalha em pressão negativa acima dos - 1.000 mm de coluna de água, toda junção, parede, elementos de vedação em geral devem estar isentos de vãos, cujos servem como pontos de entrada de ar não desejado no sistema.

Como mostrado na figura 10, o volume total dos gases de exaustão é a soma de três diferentes tipos de gases, os gases de combustão, oriundos da queima de combustível sólido; gases de sucção no final da máquina, necessários para resfriamento do sinter e volume de ar falso, proveniente de falhas dos sistemas de vedação da máquina de sinter.

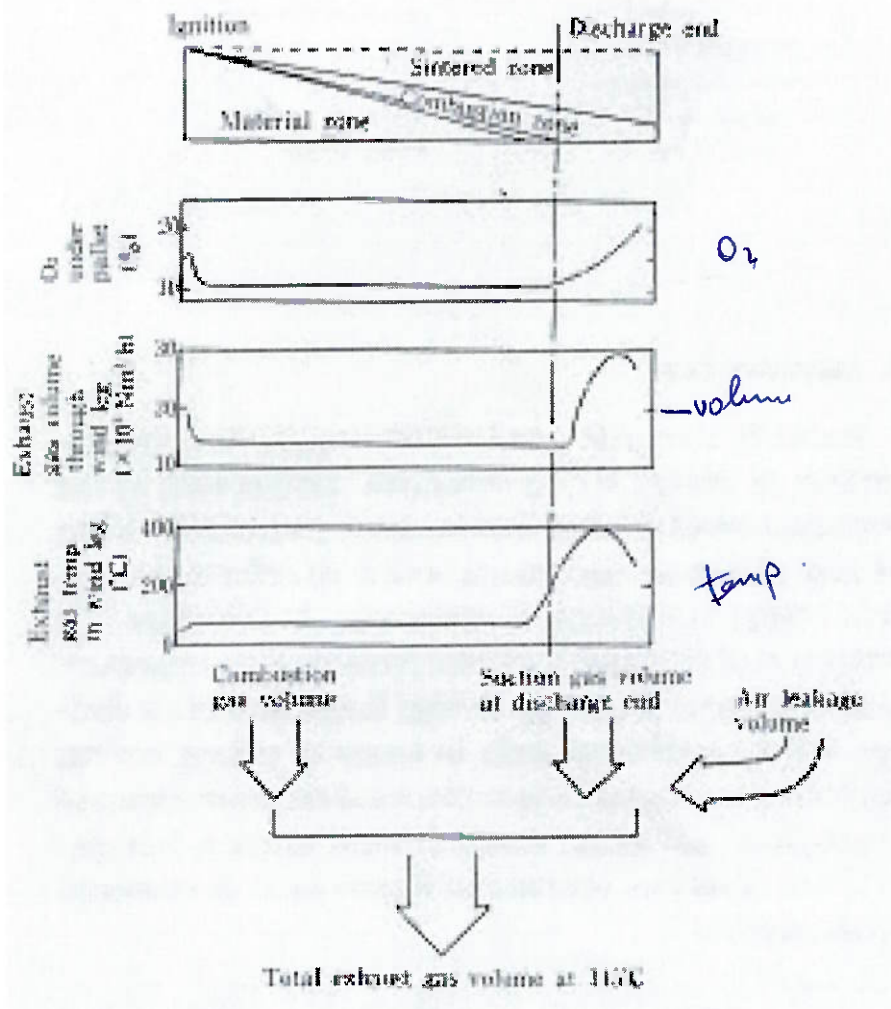


Figura 10. Volume total dos gases de exaustão⁽⁷⁾.

A tabela 2 mostra as características destes gases.

gas				
Symbol	Classification of exhaust gas volume	Temperature (°C)	O ₂ content (%)	Factors
Q _a	Combustion gas volume	60~70	11~12	Production quantity (Amount of sinter mix)
Q _n	Section gas volume at discharge end	300~500	15~21	Burn through point
Q _c	Mechanical air leakage volume	0~30	21	Gap or opening area

Tabela 2. Características dos gases de exaustão⁽⁷⁾.

As contramedidas adotadas para redução da entrada de ar falso em Chiba estão relacionadas na figura 11.

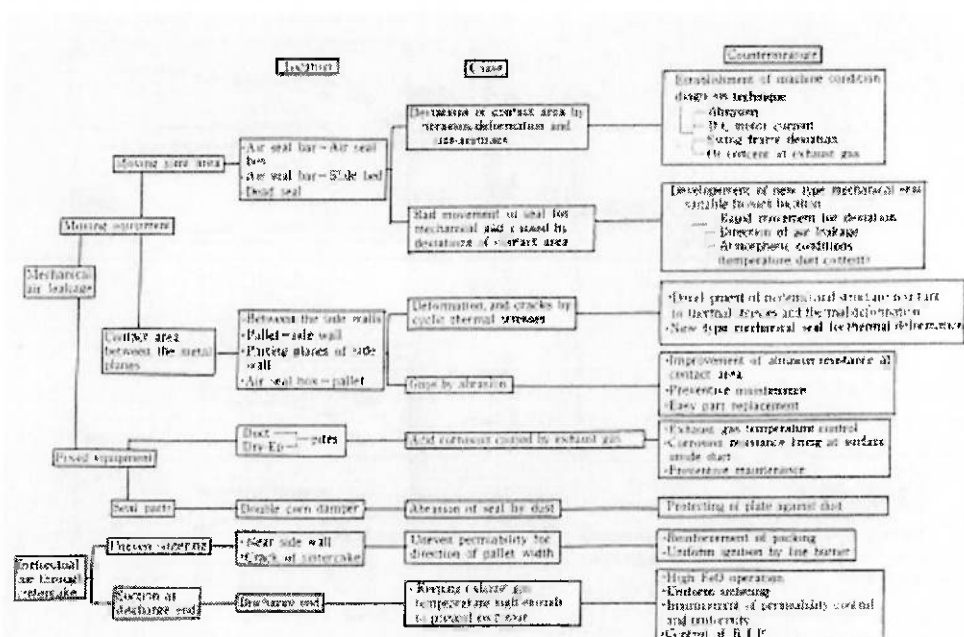


Figura 11. Contramedidas para redução de ar falso⁽⁷⁾.

Como resultado destas contramedidas, não apenas a produtividade foi melhorada, mas os consumos de energia e de combustíveis sólidos foram significativamente reduzidos, conforme figura 12.

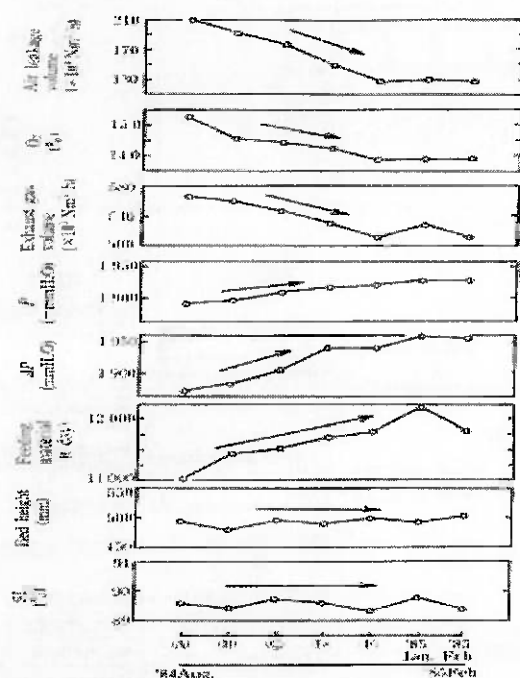


Figura 12. Resultados após contramedidas⁽⁷⁾.

2.1.2. MICROPELOTIZAÇÃO

A etapa de micropelotização é muito importante no processo de sinterização, pois o grau de micropelotização da mistura a sinterizar está diretamente relacionado à permeabilidade do leito e produtividade da máquina. Por definição, durante o processo de micropelotização as partículas formadas são denominadas de “quasi-partículas”. A formação destas quase-partículas se dá através da coersão das partículas aderentes nas nucleantes. Partículas menores que 0,2mm são consideradas aderentes e maiores que 0,7mm são as nucleantes. Partículas intermediárias são difíceis de granular e não seguem uma regra definida ⁽¹⁾. Litster ⁽¹⁷⁾ sugere que há uma dependência com o teor de umidade da mistura, partículas intermediárias de mesmo tamanho podem atuar numa zona de mudanças tendo características tanto de partículas aderentes, como de nucleantes. É necessário que a quantidade de material nesta faixa (entre 0,25 a 1,00mm) seja a menor possível porque afetam a permeabilidade da mistura de duas maneiras, como nucleantes, estas partículas reduzem o tamanho médio das quase partículas e assim a permeabilidade do leito, e como aderentes são fracamente ligadas e facilmente separadas da superfície das quase partículas.

O processo de adesão é fortemente relacionado com a quantidade de umidade disponível para granulação (umidade total menos a umidade absorvida pelos componentes da mistura a sinterizar). Outros fatores como forma da partícula e propriedade de superfície são de importância secundária.

A figura 13 mostra claramente que a granulação é função da adição de água.

A cinética de crescimento das quase partículas foi estudada por Lister ⁽¹⁷⁾ e Rankin ⁽¹⁸⁾. Descobriram que o crescimento é praticamente linear em escala laboratorial.

Após 6 minutos de tempo de residência da mistura a sinterizar em um tambor de 4 m de diâmetro a etapa de granulação estaria completa. Este fato está em sintonia com os métodos aplicados em escalas industriais ⁽¹⁾.

A permeabilidade atinge seu máximo aumentando a umidade da mistura a sinterizar.

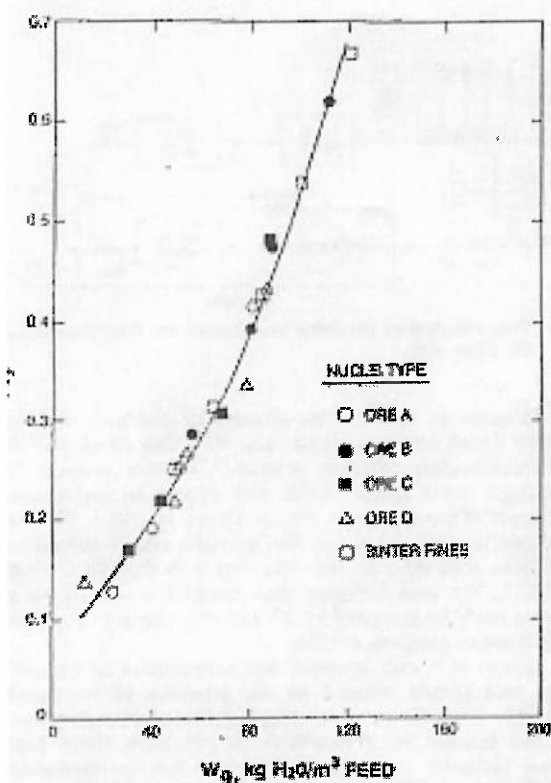


Figura 13. Variação da granulação entre vários tipos de minérios⁽¹⁾.

Produtividade máxima de sinterização entretanto, ocorre com nível de umidade menor que o requerido para a máxima permeabilidade. Geralmente, a produtividade máxima é obtida utilizando de 80 a 85% da umidade requerida para a máxima permeabilidade. Isto é resultado da condensação da umidade na parte inferior do leito em função da evaporação em sua parte superior devido aproximação da frente de combustão (16).

O comportamento do fluxo de material dentro do tambor de mistura foi estudado pela NSC (17). Através do número de Froude e fator de espaço, foram identificadas três zonas de trabalho – a zona de escorregamento, a zona de cascata e a zona de catarata. A melhor performance, foi obtida utilizando a zona de cascata. O melhor range de operação foi obtido com valores de 10 a 15% de fator de espaço e número de Froude menor que 0,01.

2.1.3. PREPARAÇÃO DE COMBUSTÍVEL SÓLIDO

No leito de sinterização várias zonas podem ser formadas, por exemplo: verde, úmida, seca, calcinação, combustão de coque, reação de sinterização, sinter quente e sinter frio. Na figura 14 observa-se um esquema típico de perfil de temperatura e as várias zonas⁽¹⁵⁾.

As zonas são distintas e algumas propriedades, como por exemplo espessura e permeabilidade, mudam conforme o processo de sinterização ocorre através do leito. O processo de sinterização é controlado pelas influências acumulativas de todas as zonas, e conseqüentemente, modifica as propriedades de uma zona em particular afetando todo o processo de sinterização. Por exemplo, se a permeabilidade é reduzida nas zonas verde, úmida e seca, a velocidade com que a zona de combustão de coque caminha durante o leito será reduzida, aumentando assim o tempo de sinterização e afetando negativamente a produtividade.

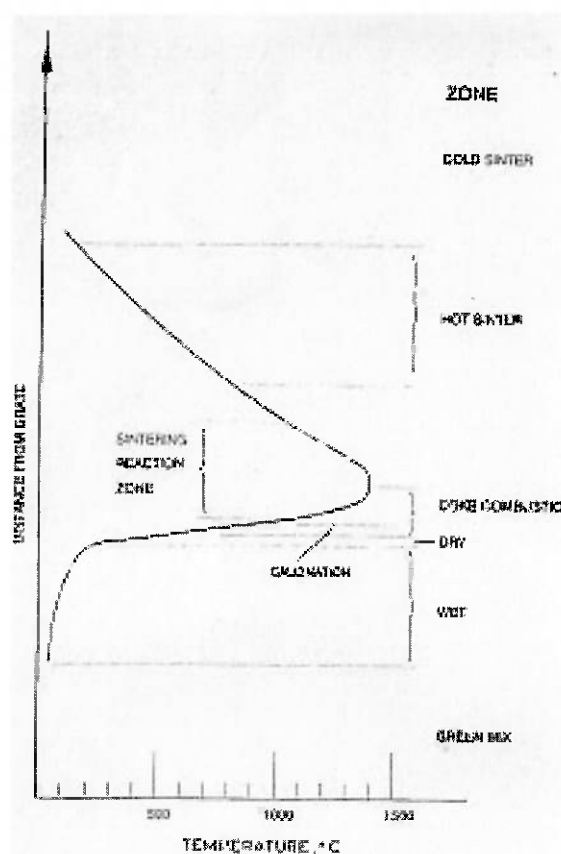


Figura 14. Perfil de temperatura e zonas no leito de sinterização⁽¹⁵⁾.

Produtividade é dependente também do processo de combustão do coque. Se a combustão é ineficiente, o coque transforma-se em monóxido de carbono antes de

se transformar em dióxido de carbono, gerando assim menor quantidade de calor resultando em um sinter com menor resistência, reduzindo a produtividade da máquina.

Loo estudou duas séries de experimentos para elucidar o efeito da granulometria do coque na sinterização. Em primeiro, frações pré determinadas foram utilizadas para obter informações fundamentais no processo de combustão. A segunda abrange uma distribuição granulométrica comercialmente utilizada, sendo diferenciada apenas na fração $< 0,25$ mm que foi variada.

Os resultados indicaram que o comportamento da combustão nos dois casos variam de forma diferente.

Nos experimentos com frações pré determinadas, verificou-se que a eficiência de combustão é fortemente influenciada pela granulometria, onde frações finas geram elevados teores de monóxido de carbono nos gases de exaustão e, conseqüentemente, fraca geração de calor. A velocidade em que a frente de combustão caminha atravessando o leito de sinterização também depende da distribuição granulométrica do combustível e seu maior valor é determinado nas frações entre 2 e 1 mm.

O uso de frações maiores de combustível ($-3,00$ mm) mostram que o nível das frações finas ($-0,25$ mm) não afetam a eficiência de combustão.

Os estudos indicaram que o uso de circuito fechado de moagem de combustível para controlar os níveis de finos, não resulta em redução do consumo de coque mas sim na melhoria da produtividade, conforme figura 15.

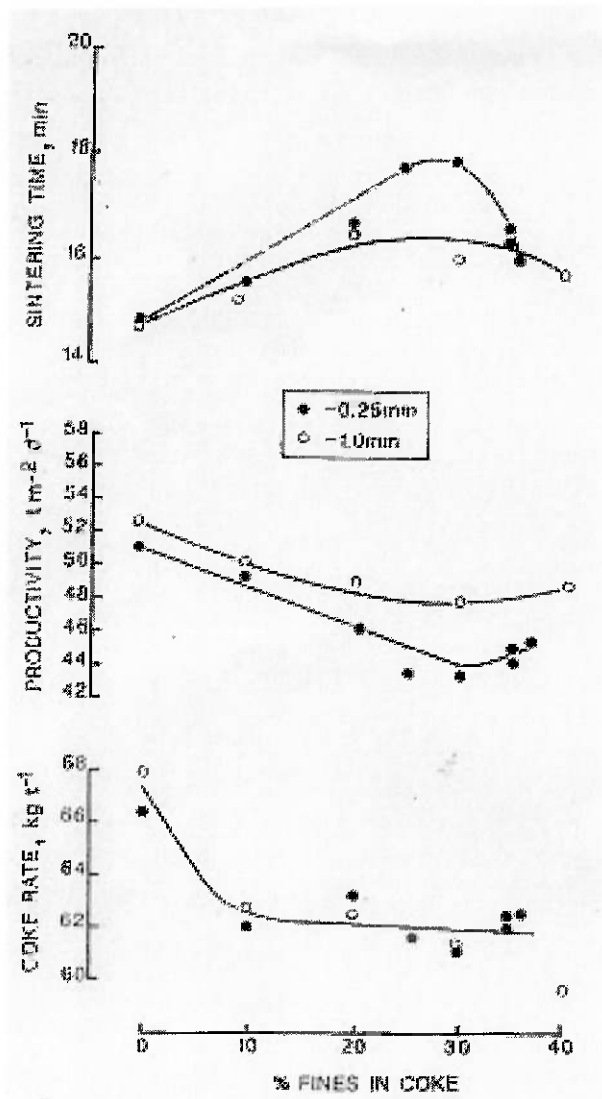


Figura 15. Comparação de resultados nas duas frações de combustível sólido⁽¹⁵⁾.

Outro teste indica que a presença de combustível na parte exterior da micro pelota, aumenta a velocidade de sinterização resultando em maiores taxas de produtividade. A figura 16 mostra este comportamento.

É considerado por Toda et al que o mecanismo de formação do FeO no processo de sinterização depende da redução de Fe_2O_3 pelo gás CO gerado no leito de sinterização e da dissociação térmica do Fe_2O_3 em torno de 1300°C . Além disso, é confirmado por testes piloto que partículas grossas aceleram a formação de FeO e deteriora a qualidade do sinter. Com bases nesses resultados a planta de Wakamatsu reduziu a porcentagem da fração maior que 3,00mm e aumentou as frações intermediárias (3 ~ 0,25 mm).

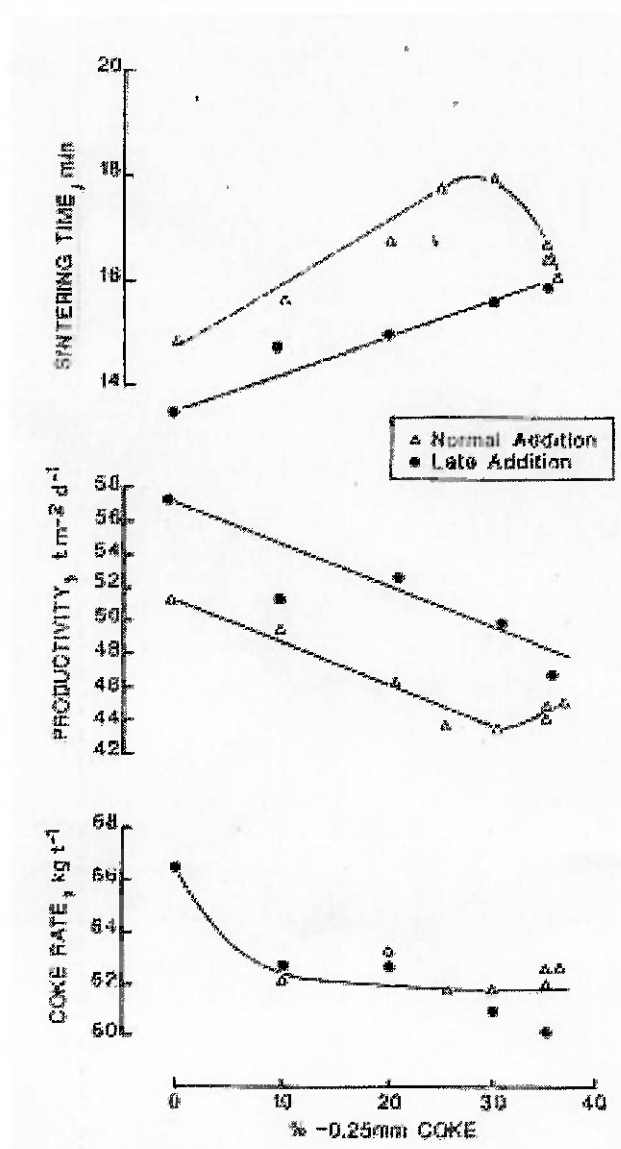
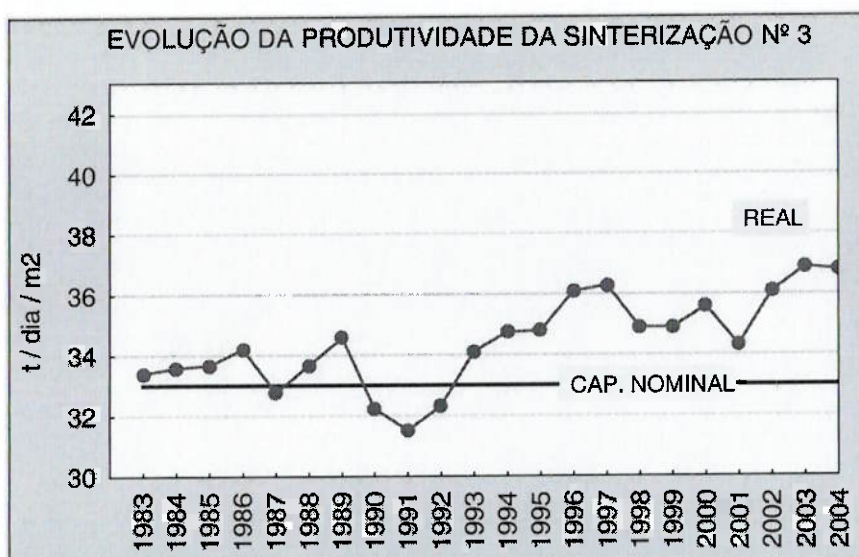


Figura16. Comparação entre a adição convencional e a adição no misturador de combustível sólido⁽¹⁵⁾.

2.2. LEVANTAMENTO DE DADOS

A planta de Sinterização nº 3 da COSIPA entrou em operação em maio de 1982 e foi projetada para uma produtividade de $33,0 \text{ t} / \text{m}^2 / \text{dia}$.



*como é no
resto Brasil e mundo?
Benchmark*

Figura 17. Evolução da produtividade desde o start up até 2004⁽¹⁶⁾.

A partir de 2005, iniciou – se então um ciclo de melhorias visando obter um incremento na produtividade, objetivando – se então valores de $38,0 \text{ t} / \text{m}^2 / \text{dia}$, valor considerado como desafio atingível em comum acordo com a Assistência Técnica que a Nippon Steel Corporation presta a COSIPA.

As fases de melhorias que estão descritas mais a frente foram realizadas basicamente sob as mesmas condições de equipamentos e de matérias primas, obviamente a menos das alterações relatadas no próprio trabalho.

Dessa forma, os resultados obtidos podem ser atribuídos às ações realizadas em cada uma das fases.

De maneira geral as três fases podem ser descritas como:

FASE 1: melhoria das características dos fundentes : reatividade da cal fina e granulometria do calcário fino.

FASE 2: otimização do sistema de alimentação : alimentação “ contínua “ da mistura à esteira e obtenção de certo grau de segregação granulométrica e de carbono no leito.

FASE 3: melhoria da selagem dos sistemas de exaustão de gases e do resfriamento do sinter, melhoria da ignição e da micropelotização.

FASE 4: (a ser desenvolvida) : intensificação da segregação granulométrica e de carbono na direção vertical do leito e uniformização da sinterização nas direções lateral e longitudinal .

granulometria cal

FASE 1 – MELHORIA DOS FUNDENTES PARA A SINTERIZAÇÃO

Nessa fase a preocupação foi com a melhoria dos dois principais fundentes para a Sinterização; dessa forma duas ações foram realizadas:

- Aquisição de cal externa e moagem na COSIPA. Com essa medida, houve aumento da reatividade da cal, fator de melhoria para a formação das micro pelotas .
- Solicitação à Empresa fornecedora de calcário (COMINGE) para adequação da granulometria . Através da introdução de mais uma peneira no fluxo de produção , o objetivo foi alcançado .

As Figuras 18 e 19 mostram a evolução da reatividade da cal e a granulometria do calcário respectivamente.

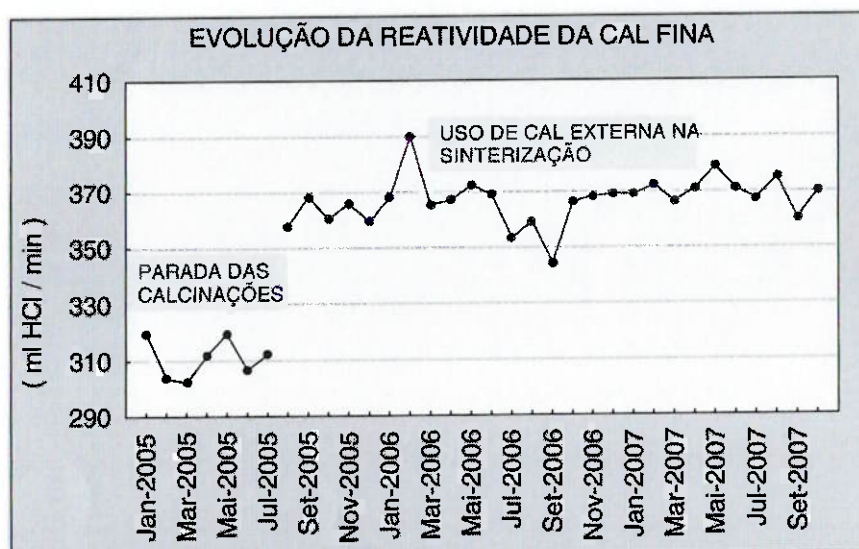


Figura 18. Evolução da reatividade da cal fina⁽¹⁶⁾.

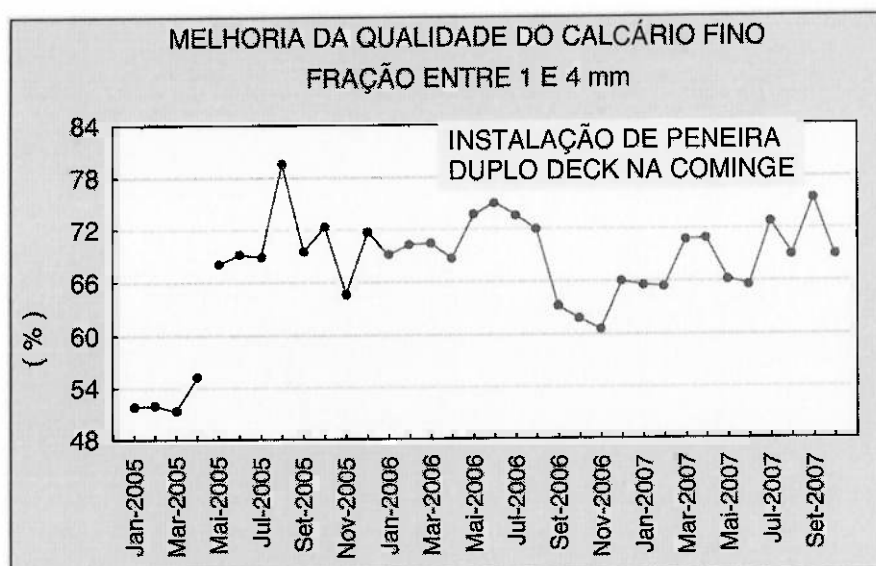


Figura 19. Evolução da granulometria do calcário fino⁽¹⁶⁾

FASE 2 – MELHORIA DO SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO

Nessa fase, a grande preocupação foi com a otimização do atual sistema de alimentação. Movidos pela intenção de conseguir um certo grau de segregação granulométrica no sentido vertical do leito bem como de obter homogeneidade nos sentidos lateral e longitudinal além de melhoria da permeabilidade, várias alterações foram realizadas como mostrado na figura 20.

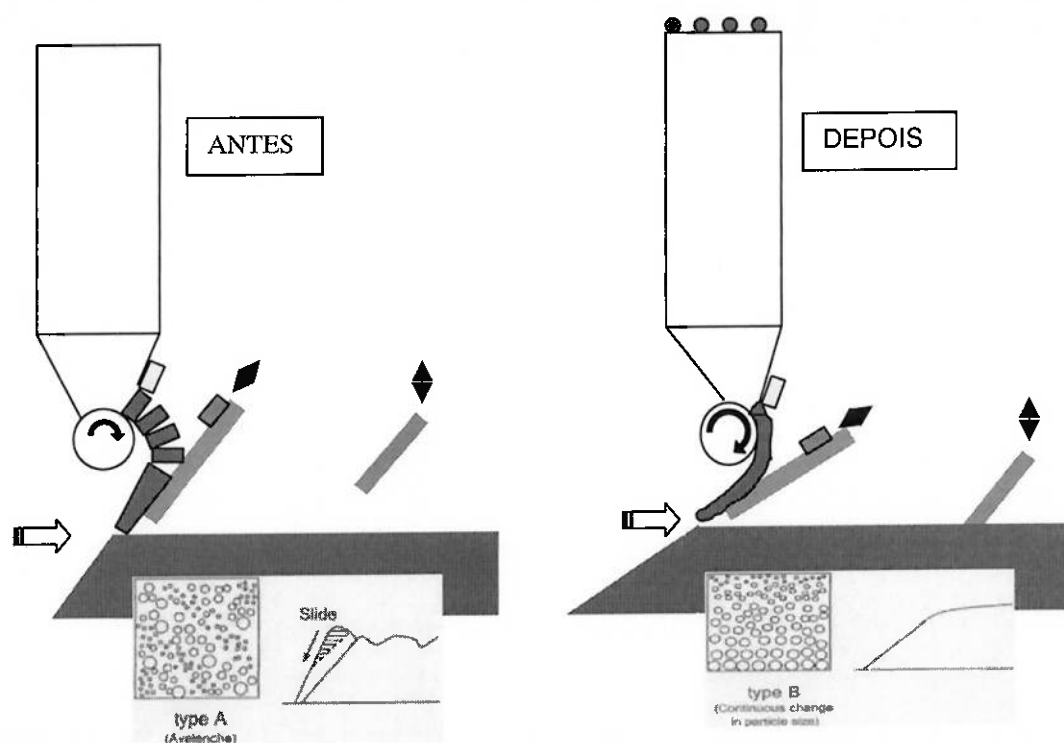


Figura 20. Alterações realizadas no sistema de alimentação⁽¹⁶⁾.

Inicialmente foi instalado um separador de pedras na parte superior da tremonha de mistura. A retirada dessas pedras possibilitou o fechamento da abertura da comporta de 130 para 50 mm . Para tal foi necessário adequar a motorização da tremonha de mistura. Com isso, o material passou a cair de modo contínuo na máquina de sinter, de maneira diferente a anteriormente praticada (modo avalanche).

Para facilitar o escoamento da mistura na tremonha , foi alterada a geometria da parte cônica da tremonha , alterando o ângulo da parte frontal de 40º para 70º . Com esse mesmo objetivo de facilitar o escoamento, foi instalado um revestimento com melhor acabamento superficial na placa defletora.

Com o intuito de conseguir segregação do Carbono, o soprador foi aproximado à mistura passando de 35 para 20 mm , aumentando a velocidade com que o ar impacta a mistura quando em queda .

Por fim a placa niveladora foi recuperada, visando obter uma camada superficial mais lisa e, portanto, uma sinterização mais uniforme no sentido longitudinal.

FASE 3 – MELHORIAS DURANTE A GRANDE PARADA

Com o histórico de:

- Constantes intervenções no revestimento refratário do Forno de Ignição provavelmente pelo seu reduzido tamanho e conseqüente rápido resfriamento com danos aos refratários quando de paradas de produção ,
- Elevado consumo de energia elétrica no Exaustor principal devido a falhas na selagem do sistema de exaustão (canal de fumaça , juntas de dilatação , “ curva S “ , réguas de vedação da máquina de sinterizar e dos setores ,
- Constantes problemas com danos às correias da linha de produto devido deficiência no resfriamento do sinter,

Decidiu – se concentrar os serviços da Grande Parada de 10 dias na resolução desse problemas crônicos .

A figura 21 mostra os principais serviços realizados na Ignição:

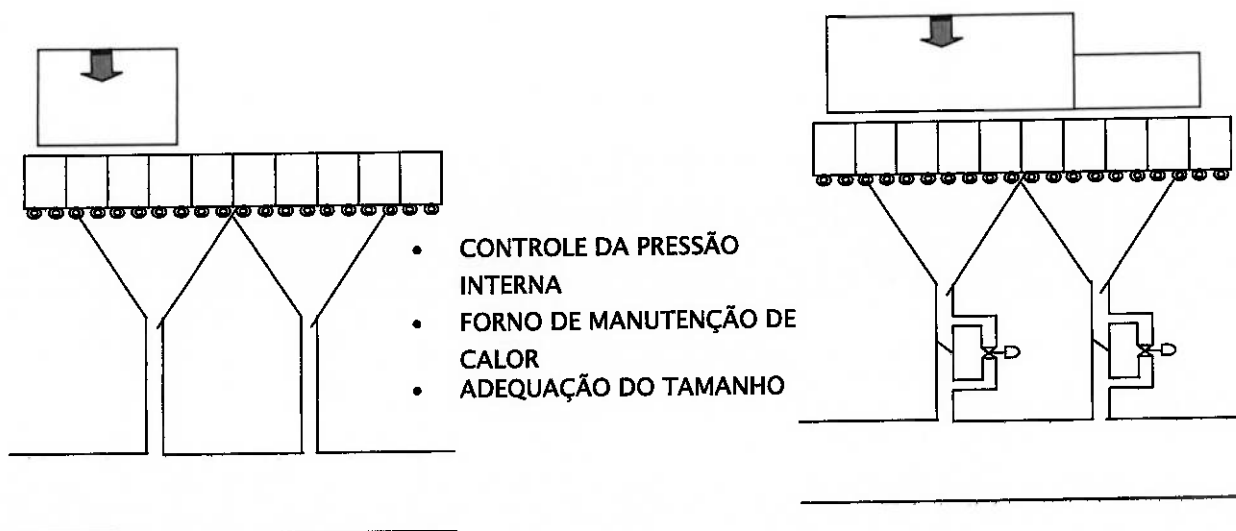


Figura 21. Adequação do forno de ignição realizada durante a grande parada⁽¹⁶⁾.
A figura 22 apresenta a evolução do teor de O_2 na chaminé da Sinterização, sendo um ótimo indicador da redução da entrada de ar falso obtida com os serviços da grande parada .

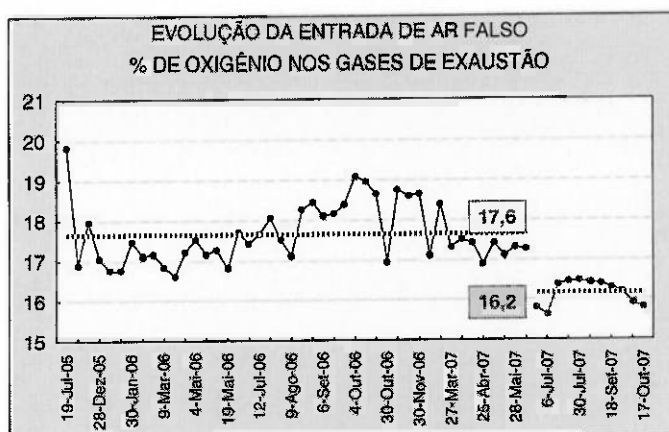


Figura 22. Evolução da % O_2 nos gases de exaustão após grande parada⁽¹⁶⁾.

A figura 23 mostra os principais serviços realizados no sistema de resfriamento do sinter.

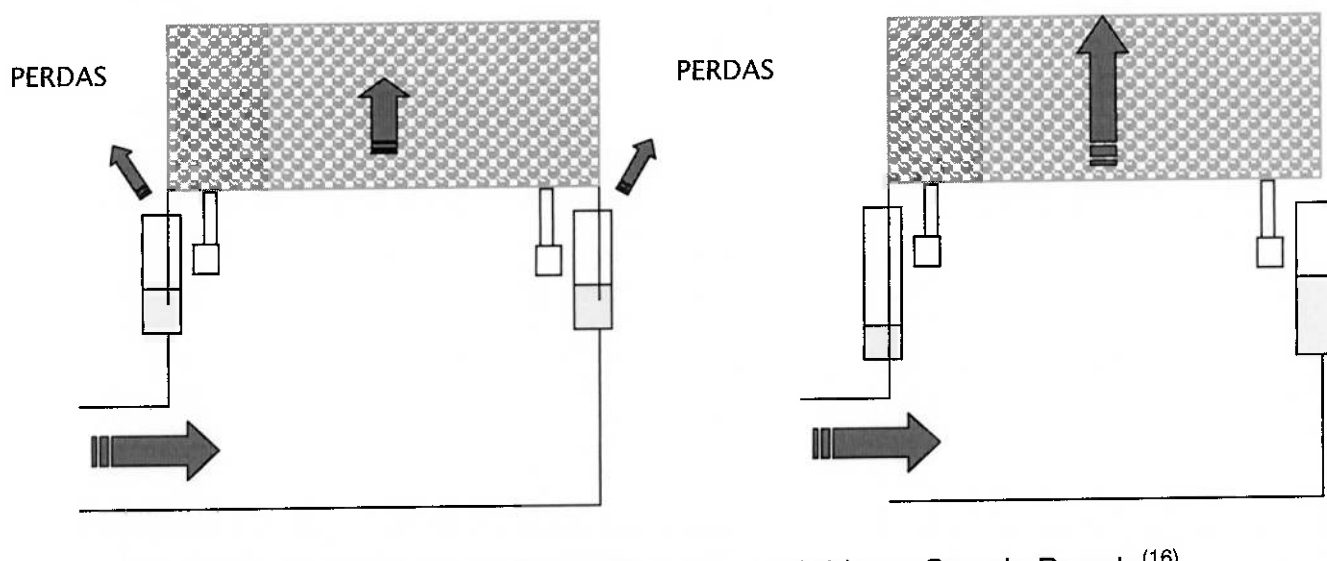


Figura 23. Aumento da eficiência de selagem obtido na Grande Parada⁽¹⁶⁾.

A figura 24 mostra como o ponto final de queima (BTP) pode ser deslocado após o serviço realizado no resfriado, aumentando dessa forma a utilização da esteira .

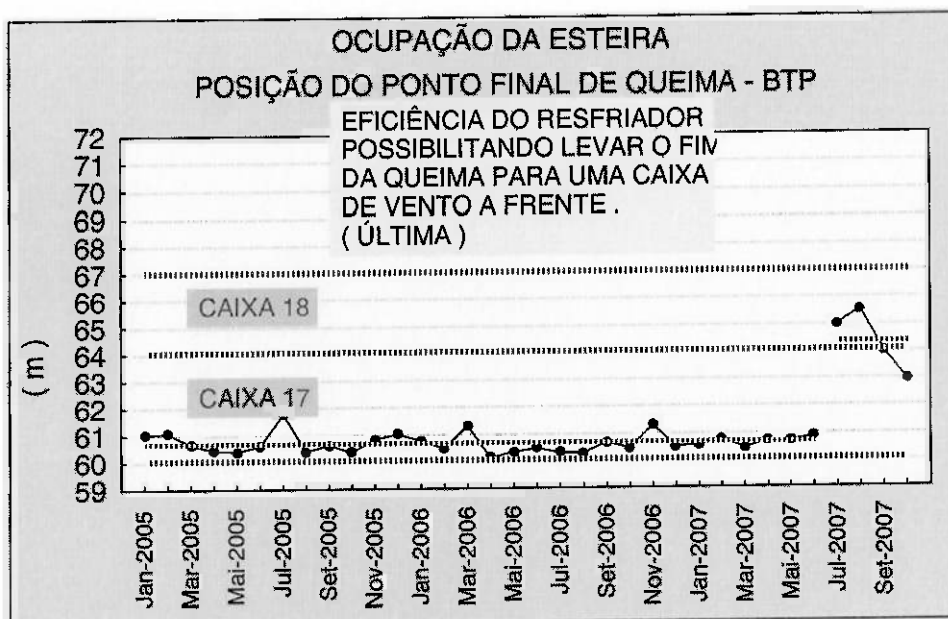


Figura 24. Alteração do posicionamento do ponto final de queima após serviços executados durante a Grande Parada⁽¹⁶⁾.

Com as melhorias descritas acima, houve sensível aumento na produtividade da unidade como mostrado na figura 25 .



Figura 25. Evolução da produtividade da Sinterização n.º 3 durante o ciclo de melhorias⁽¹⁶⁾.

2.3. BUSCA DE ALTERNATIVAS

Baseados nesses resultados obtidos e em testes realizados com a mistura COSIPA no centro de pesquisas da USIMINAS, o próximo passo é a implantação da FASE 4 de melhoria que consiste na intensificação da segregação granulométrica e na uniformização da sinterização nos sentidos lateral e longitudinal da sinterização com a instalação de :

- Comportas segmentadas automatizadas,
- Dispositivo de segregação (Intensified Sifting Feeding da Nippon Steel Corporation),
- Barras de permeabilidade.

Espera-se atingir valores da ordem de 42- 43 t / m² / dia.

A figura 26 mostra a situação planejada para a FASE 4.

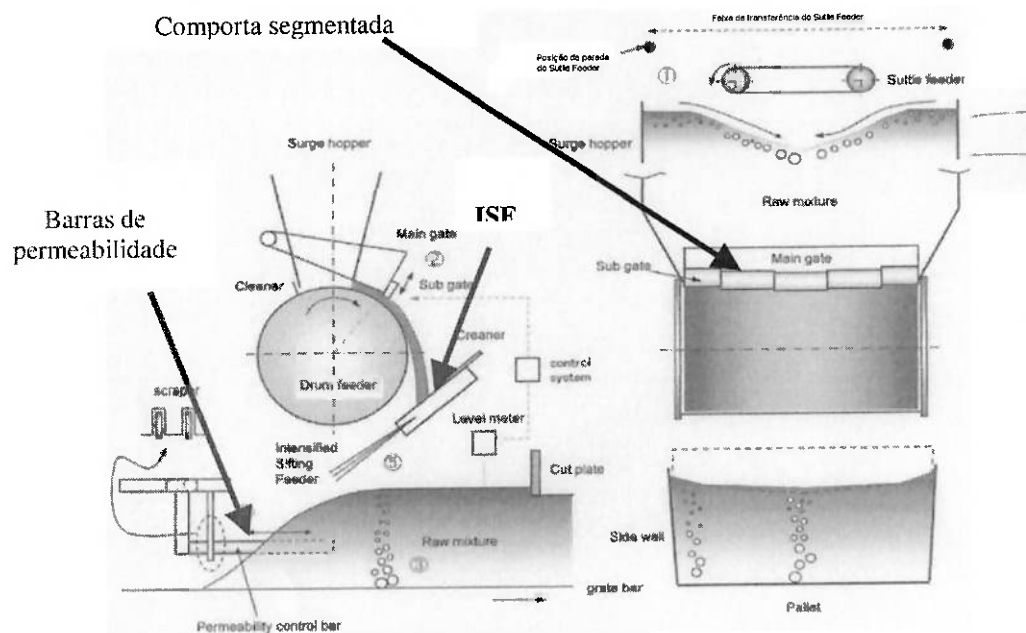


Figura 26. Equipamentos previstos para a fase 4 do ciclo de melhorias⁽¹⁶⁾

3. CONCLUSÕES

A permeabilidade do leito de sinterização é um dos mais importantes fatores que influenciam na produtividade das máquinas de sinter. Através deste trabalho foi possível observar que há mudanças nos mais variados fatores com o objetivo de melhorar a permeabilidade das máquinas de sinter em todo o mundo.

Seja através de modificações em matérias primas, seja através de invenções de novos sistemas de carregamento de máquina, mas o objetivo final é o mesmo, o

aumento da produtividade das máquinas, sem o aumento de capacidade instalada ou de capacidade de equipamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) P. R. DAWSON; *Recent Developments in Iron Ore Sintering*; Ironmaking and Steelmaking (1993) vol 20 nº 2, pag 135-159
- (2) H. YOSHIDA, H. IIDA, S. KABUTO, H. SUZUKI; *Improvement of Productivity of Sinter Plant at Nagoya Works of NSC*; Ironmaking Conference Proceedings (1996) pag 373–376
- (3) K. SHIBUTA, K. KUWANO, R. ITO, M. AWAJI, K. Ano, T. SUGIYAMA; *Recent Sintering Technology Resulting in High Productivity at Kakogawa's Sintering Plant*; Ironmaking Conference Proceedings (1990) pag 623–628
- (4) H. OBATA, H. TAKAHASHI, M. NAKAMURA, T. NATSUMI, K. KOMAMURA; *High Productivity Operation at Chiba nº4 Sinter Plant*; ISIJ International vol 31 (1991) nº5 pag 478–486
- (5) J. BOUGET, C. HUGUET, M. van CRAYELINGHE; *Recent Improvements in the Sollac Fos Sintering Operation*; pag 201–210
- (6) K. ZIMMERMAN, G. HEYBERT, B. GERSTENBERG, H. BEER; *Development of the sintering technique in the sinter plants Schwelgern of Thyssen AG*; Metallurgical Plant and Technology vol.5 (1980) pag 16–24
- (7) N. TAKASHIMA, H. TAKAHASHI, M. SUGAWARA, K. TANAKA, H. KOMATSU; *Countermeasures for Prevention of Air Leakage at Sintering Machine and Their Effects*; Kawasaki Steel Giho, 18 (1986) 1, pag 8-13
- (8) N. OYAMA, H. SATO, K. TAKEDA, T. ARIYAMA, S. MASUMOTO, T. JINNO, N. FUJII; *Development of Coating Granulation Process at Commercial Sintering Plant for Improving Productivity and Reducibility*; ISIJ International vol 45 (2005) nº6, pag 817–826
- (9) K. MATSUMOTO, K. MATSUDA, Y. NAKAJIMA, H. AKIZUKI; *High Bed Operation at Mizushima nº4 Sinter Plant*; Ironmaking Conference Proceedings (1988), pag 613–616
- (10) S. WUILLAUME, E. POOT, C. STOLZ; *Quantification of Vertical and Transversal Heterogeneities During Sintering of Iron Ore on Industrial Sinter Strands*; Ironmaking Conference Proceedings (1990), pag 603–613
- (11) V. G. KOTOV; *Predicting Vertical Sintering Speed of Sintering-mix Bed*; Steel in the USSR pag 416–417

- (12) G. SAITO, M. MOTIZUKI, K. AMAKAWA, Y. KAMIKO, T. HARADA, H. YAMADA; *Improvement of Sinter Yield at the Large Sintering Machine*; Transactions ISIJ, vol 28 (1988) pag B-90
- (13) E. KASAI, S. WU, Y. OMORI; *Factors Govering the Strength of Agglomerated After Sintering*; ISIJ International vol 31 (1991) nº1 pag 17-23
- (14) H. TODA, S. SASAKI, N. NOSAKA, S. ISOZAKI, K. KATO; *Theoretical Investigation of Sintering Process and Effect of Coke Sizing*; Transactions ISIJ vol 22 (1982)
- (15) C. E. LOO; *Role of Coke Size in Sintering of a Hematite ore Blend*; Ironmaking and Steelmaking (1991) vol 18 nº1 pag 33-40
- (16) U. TETTI, M. R. NETO; *Evolução da Produtividade da Sinterização 3 da COSIPA*; XXV Seminário Interno da Redução dias 28 e 29/11/2008
- (17) J. D. LISTER, G. A. WATERS; Powder Technology (1988) vol 55 (2), pag 141-151
- (18) W. J. RANKIN, in Proc. 2nd International Symposiun on Beneficiation and agglomeration, Bhubaneswar, Índia (1986), Indian Institute of Metals, pag 107-117