

INFLUÊNCIA DA REDUÇÃO DA BASICIDADE NA PERFORMANCE DO PROCESSO DE SINTERIZAÇÃO DA ARCELORMITTAL TUBARÃO¹

Antonio Marcos Maximiano Ferreira²

Edson Luiz M Harano²

Hugo Guimarães Menezes²

João Bosco Mendes³

Loiane Ramos de Lima²

Luiz Endrigo Coelho Rodrigues²

Marcos Aurélio Larcher²

Ramiro Conceição Nascimento⁴

Rinaldo Herique Pedrini²

Roney Gonçalves Rezende⁵

Resumo

Com a retração do mercado, a partir do início de outubro de 2008, os Altos-Fornos passaram a aumentar a participação de sinter na carga metálica e reduzir a participação de pelota, com o objetivo de reduzir custos de produção de gusa. Visando balanceamento da escória nos Altos-Fornos foi necessário reduções da basicidade do sinter. A redução da basicidade e conseqüentemente do input de CaO reflete em menor formação de cálcio-ferritas, responsáveis por conferir resistência ao sinter. Este trabalho mostra os resultados obtidos no processo com as sucessivas reduções da basicidade binária do sinter e os impactos na garantia da qualidade química e física do sinter.

Palavras-chave: Produção; Basicidade; Qualidade.

INFLUENCE OF BASICITY REDUCTION ON ARCELORMITTAL TUBARÃO SINTERING PROCESS PERFORMANCE

Abstract

Due to global economical crises since October 2008, the burden at ArcelorMittal Tubarão Blast Furnaces was changed, that means, the Sinter ratio increased and Pellet ratio reduced, aim to reduce production costs. To adjust the Blast Furnaces slag volume and quality, it was necessary progressives Basicity reductions. The Basicity reduction means lesser input of "CaO" reflecting on lesser Calcium Ferrites formation, bringing as a consequence sinter strength decrease. This paper shows the achieved results on the sintering process during the progressive Basicity reductions and its influence on sinter physical and chemical quality guarantee.

Key words: Production; Basicity; Quality.

¹ *Contribuição técnica ao 39º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas e 10º Seminário Brasileiro de Minério de Ferro, 22 a 26 de novembro de 2009, Ouro Preto, MG.*

² *Especialista de Controle Técnico da Área de Gusa da ArcelorMittal Tubarão*

³ *Gerente de Seção da Sinterização da ArcelorMittal Tubarão*

⁴ *Professor do Instituto Federal do Espírito Santo*

⁵ *Gerente de Divisão do Controle Técnico da Área de Gusa ArcelorMittal Tubarão*

1 INTRODUÇÃO

Um dos principais parâmetros de controle do processo é o índice de basicidade do sinter. A composição da mistura das matérias-primas visa atingir um determinado valor com a menor variação (desvio padrão) de qualidade ao longo do processo.

A basicidade do sinter é função essencialmente das exigências dos Altos-Fornos, conforme Padrão Técnico Basicidade do Sinter.⁽¹⁾ De um modo geral, a redução da basicidade do sinter tende a reduzir a redutibilidade, resistência e produtividade (dentro de uma determinada escala). A formação de compostos chamados cálcio-ferrita é a principal razão pela elevação ou redução da resistência do sinter.

Em condições normais de operação da Sinterização, a basicidade binária a ser visada, baseada em dados históricos da ArcelorMittal Tubarão, deve estar compreendida entre 1,67 a 2,00, com SiO₂ do sinter $\geq 5,00\%$, sem detrimento de sua qualidade física e metalúrgica. Em casos excepcionais em que o Alto-Forno necessite de carga metálica alternativa, a B2 é alterada fora dos valores desejados, mas sempre mantendo o controle da B2 do sinter dentro do valor especificado, e com tolerância máxima definida conforme o Índice de Sinter Bom – ISB.

2 DESENVOLVIMENTO

A ampliação da capacidade de produção de gusa da ArcelorMittal Tubarão com a construção de um terceiro Alto-Forno levou à alteração da carga metálica dos fornos. Anterior a retração do mercado, final de 2008, a Máquina de Sinter trabalhava buscando produtividade acima de 40,0 t/d.m² e basicidade em torno de 2,0, conforme Figura 1.

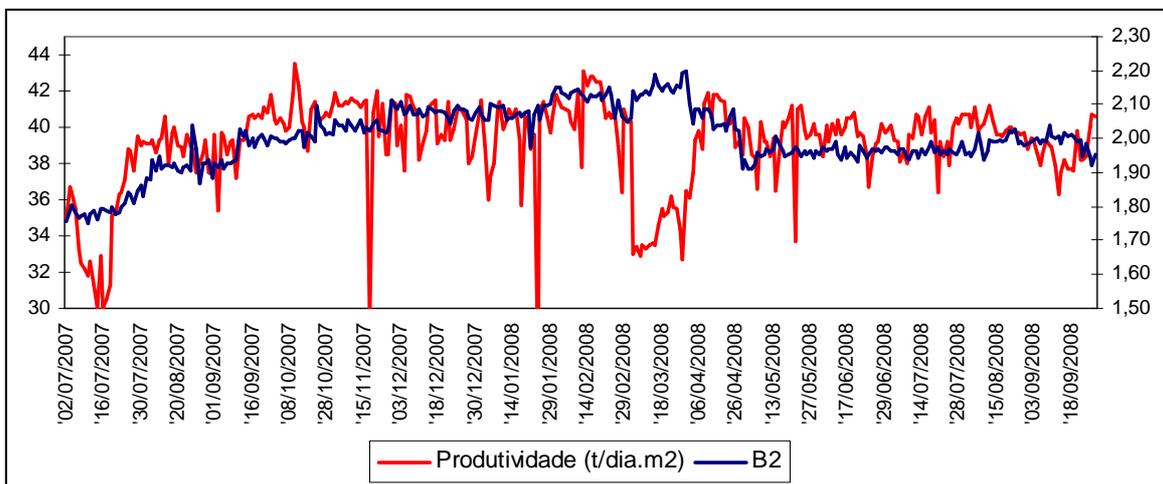


Figura 1: Evolução da produtividade e basicidade no período de julho de 2007 (startat up AF3) até julho de 2008 (antes da retração do mercado).

Com a redução de produção dos Altos-Fornos e parada do Alto-Forno 2, devido a menor demanda de aço no mercado, houve necessidade de reduzir a basicidade do sinter até patamares de 1,52 pela maior participação de Sinter na carga metálica, visando o controle do volume de escória dos Altos-Fornos e redução do consumo de quartzo. Afetando assim alguns indicadores do processo, de início a elevação da fração >50mm do sinter (valores superiores a 10%) e

consequentemente do tamanho médio do sinter, conforme evolução mostrada na Figura 2, prejudicado o índice de avaliação para a qualidade do sinter, Índice de Sinter Bom – ISB, conceito descrito no item 2.1, apontada na Figura 3, que mostra a evolução do ISB a partir de 2008.

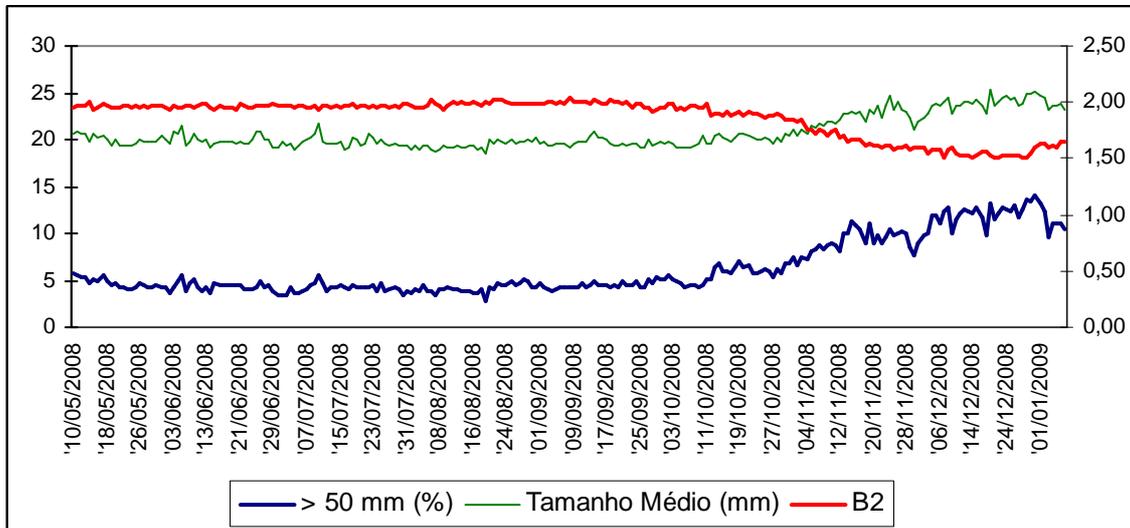


Figura 2: Redução da basicidade e elevação da fração >50 mm e tamanho médio.

2.1 Índice de Sinter Bom (ISB)

O ISB é um item de controle desenvolvido entre os Controles Técnicos da Sinterização e Altos-Fornos. Tem como finalidade classificar o Sinter produto a partir de critérios pré-estabelecidos, conforme Padrão Técnico Qualidade do Sinter.⁽²⁾

O ISB é constituído de quatro avaliações diárias. Para receber aprovação no ISB, o sinter deve atender simultaneamente aos critérios de qualidade química (SiO_2 , B2, Mn e P) e de qualidade física (>50mm, <5mm e Shatter Index) avaliados para o índice. A Tabela 1 apresenta um resumo dos principais itens avaliados e suas faixas de controle para acerto.

Tabela 1: Item de controle x valor de controle

| ITEM DE CONTROLE | VALOR DE CONTROLE |
|---------------------------|---------------------|
| CaO/SiO ₂ (B2) | Meta \pm 0,04 |
| SiO ₂ (%) | Meta \pm 0,08 (%) |
| Mn (%) | Meta \pm 0,04 (%) |
| P (%) | \leq Meta (%) |
| < 5mm (%) | \leq Meta (%) |
| > 50mm (%) | \leq Meta (%) |
| Shatter Index (%) | \geq Meta (%) |

A Figura 3 mostra o baixo desempenho do ISB no período de outubro/08 até janeiro/09, tendo perda do indicador em dezembro/08.

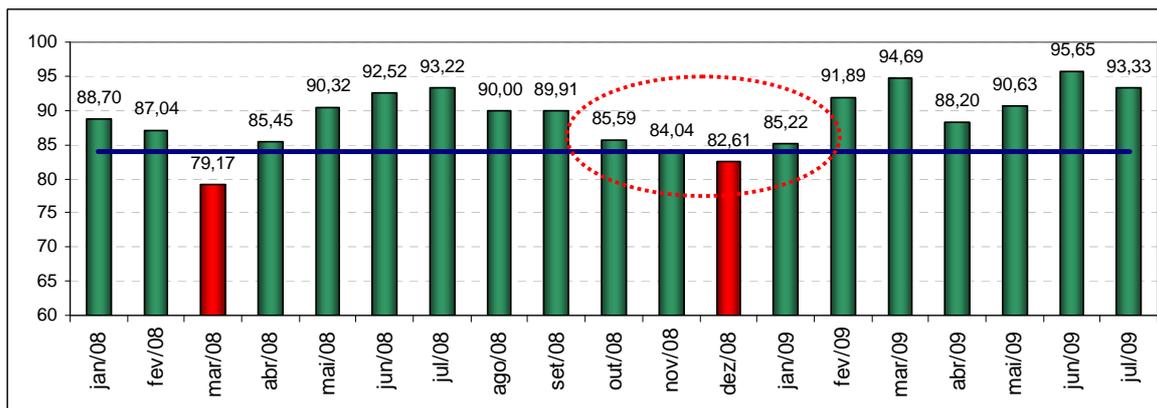


Figura 3: Resultado mensal de ISB (%)

Os itens de controle mais afetados nesse período foram: B2, >50mm e SiO₂:

- B2: constantes reduções;
- >50mm: influenciado pela redução da B2; e
- SiO₂: Erros de previsibilidade no ato da troca de produto (Pilhas Homogeneizadas), baixa disponibilidade de matérias-primas com menor SiO₂ e alterações no mix de combustível.

2.2 > 50 mm

2.2.1 Influência da elevação da fração >50,0 mm na sinterização

A característica principal do processo de sinterização é a transferência de calor das camadas superiores para as camadas inferiores, implicando em um excesso de calor nesta região (calor liberado pela queima do combustível). O calor transferido das regiões superiores provoca um aumento da fusão da mistura, diminuindo a formação de poros e reduzindo a permeabilidade a quente, trazendo como consequência a redução da velocidade de sinterização, apresentação realizada no XXXII Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias Primas.⁽³⁾ Nesta região a troca térmica é mais lenta e eficiente, com formação de sinter de alta resistência, onde ocorrem de forma mais lenta as reações na fase sólida ou semi-líquida, ou seja, o conjunto de silicatos e cálcio-ferritas que conferem ao sinter maior resistência.

Este fenômeno leva a um desbalanceamento na qualidade física do sinter pois tem-se a parte superior do bolo onde a troca térmica é mais rápida formando um sinter mais frágil e a parte inferior do bolo onde a troca térmica é mais lenta e eficiente com formação de sinter de alta resistência (formação de grandes blocos de sinter → elevação da fração >50,0 mm).

O diagrama abaixo (Figura 4) mostra os fatores de processo que interferem na velocidade de sinterização além da característica inerente ao processo citada acima, conforme Padrão Técnico Controle de Produtividade Máquina de Sinter.⁽⁴⁾

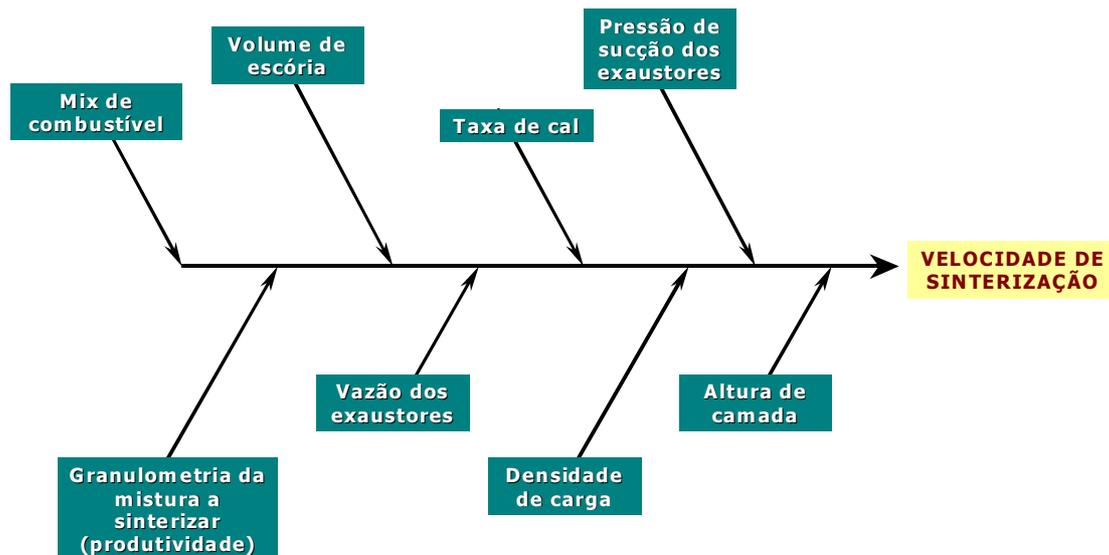


Figura 4: Diagrama de Causa e Efeito da Velocidade de Sinterização.

2.2.2 Influência do tamanho de sinter na distribuição de carga do alto-forno 2

A filosofia de operação do Alto Forno 2, com o uso do Topo tipo Paul Wurth, busca resultados expressivos no consumo de combustíveis (coque rate), o que tem sido obtido, colocando este como benchmarking mundial.

A variação do tamanho do sinter traz como consequência a alteração da abertura da válvula “LMG” (válvula de controle de fluxo de abastecimento de material) e oscilação do tempo de descarga. A seqüência lógica do topo do Alto Forno 2 efetua a correção da abertura da válvula baseado no tempo das últimas descargas. Assim, a grande variação do tamanho do sinter acarreta em maior variação do tempo de descarga de material no interior do alto forno. A mudança no tempo de descarga significa o não cumprimento de programa de descarga, isto é, o material não é descarregado na posição desejada, trazendo distúrbios na distribuição de gases e instabilidade operacional no alto forno.

Apesar de outras interferências no processo do Alto Forno 2, observa-se forte influência da fração > 50 mm, nas temperaturas dos staves (SR 02 e 03). Por isso, a Sinterização obtém um maior controle da granulometria do sinter mesmo em determinadas condições adversas para processo (menor participação de cal, baixos níveis de produtividade, etc), através do ajuste da base de coque na mistura, evitando instabilidade no fluxo gasoso do Alto Forno 2.

2.2.3 Metodologia de trabalho

O aumento da fração >50 mm se deu a partir de outubro de 2008, tendo forte elevação a partir de dezembro de 2008, quando a basicidade atingiu valores da ordem de 1,52. Conforme evolução mostrada na Figura 5.

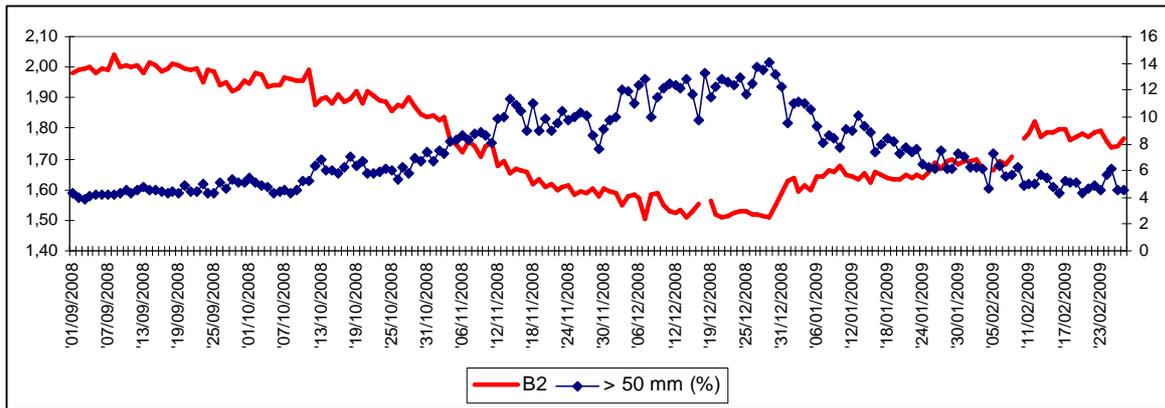


Figura 5: Basicidade x >50 mm (out/08 até fev/09).

As ações tomadas para controle da fração >50 mm do sinter e suas conseqüências, são mostradas no Quadro 1.

Quadro 1: Ações e conseqüências para controle da fração >50 mm.

| AÇÕES | PONTOS NEGATIVOS |
|-----------------------------|--|
| Elevação da Base de Coque | <ul style="list-style-type: none"> • Elevação do Fuel Rate equivalente e conseqüentemente no custo do Sinter. • Elevação do FeO (implica em queda do RI – redutibilidade do sinter). • Queda de rendimento. |
| Redução da Altura da Camada | Redução da produtividade de sinter. |

A base de coque foi ajustada visando controle do >50 mm até 2,70%, porém ocorreu aumento significativo no FeO, aumentando a temperatura do sinter no resfriador, e conseqüentemente aumento do FR, e do custo do sinter, sem no entanto controlar a fração >50 mm, o que implicou em novos ajustes na base de coque visando principalmente uma operação mais econômica, como mostram as Figuras 6 e 7.

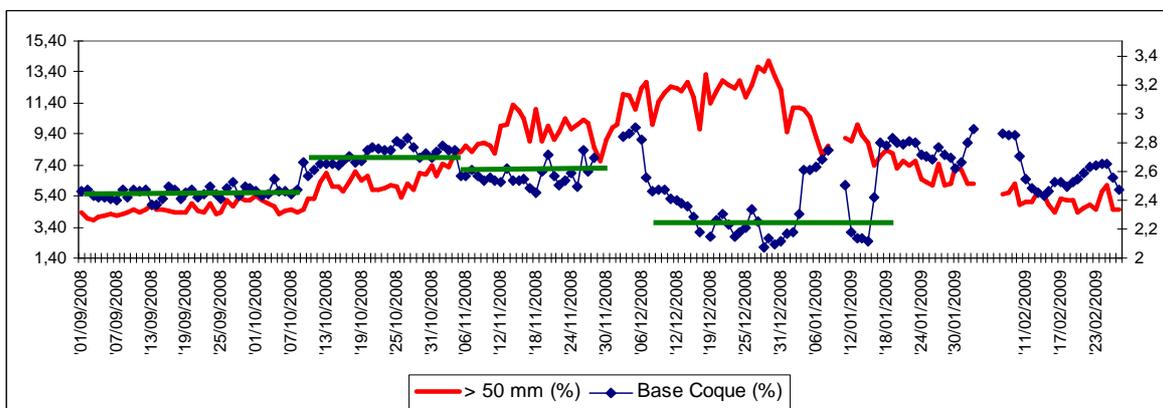


Figura 6: >50 mm x Base de Coque (out/08 até fev/09).

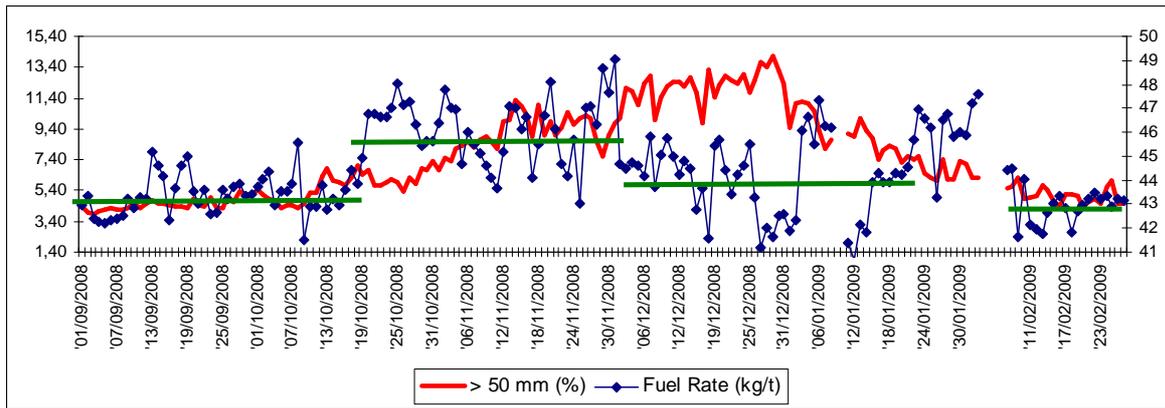


Figura 7: >50 mm x Fuel Rate (out/08 até fev/09).

Para a situação atual, com o Alto-Forno 2 em operação, a solução definitiva para a fração >50 mm, tornando o seu controle completamente independente das condições do processo, mistura ou produtividade seria a instalação de um britador secundário.

2.2.4 Resultados

As ações de processo tomadas para o controle da fração >50mm não tiveram resultados satisfatórios, mas com a parada do Alto-Forno 2, em 01 de dezembro de 2008, permitiu a realização de uma análise estatística visando estabelecer novas metas de controle e conseqüentemente propor revisão do ISB, conforme Criando a Cultura Seis Sigma,⁽⁵⁾ isto sabendo-se que o sistema de carregamento dos Altos-Fornos 1 e 3 não seriam afetados.

- **Carta de controle da fração >50 mm**

A Figura 8 mostra a fração >50 mm conforme ao novo ritmo de produção e basicidade.

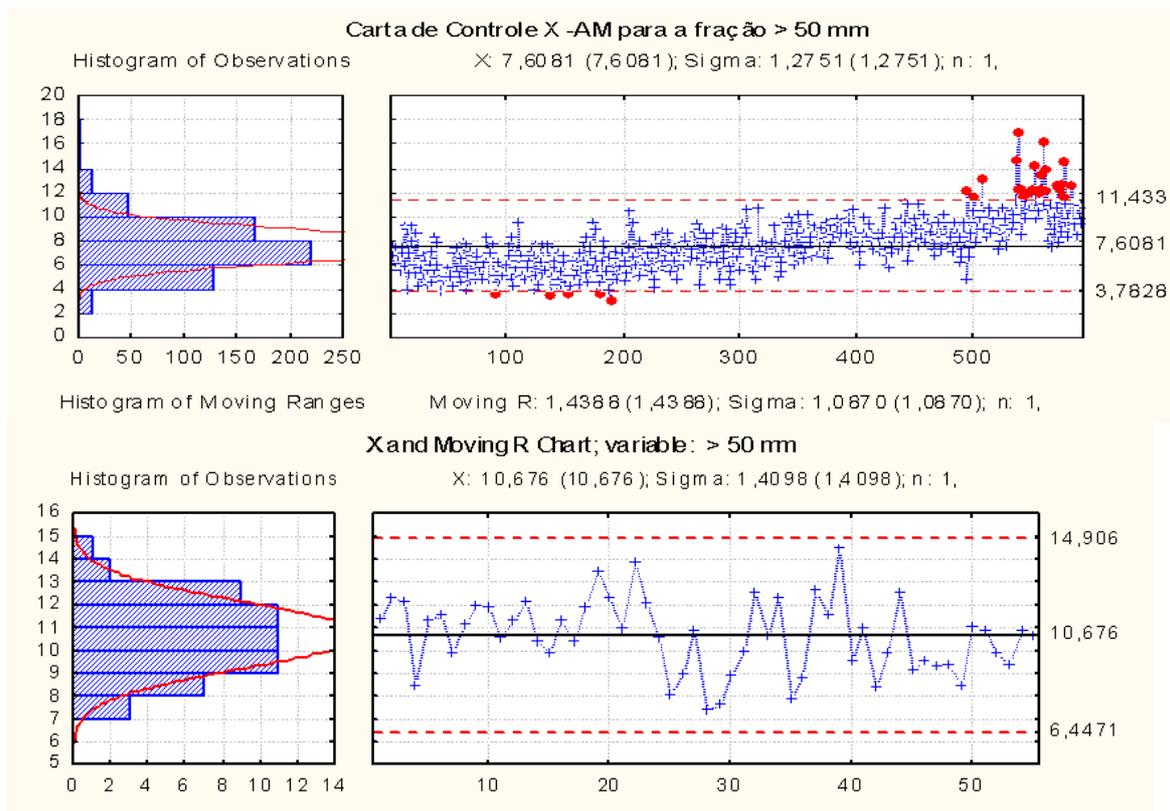


Figura 8 – Carta de Controle: Fração >50 mm.

Conceitualmente, somente processos estáveis devem ter sua capacidade avaliada, ou seja, por meio de comparação da faixa natural do processo com a faixa de especificação.

Se o processo tem aproximadamente, distribuição normal, a faixa característica contém 99,73% dos resultados individuais do processo.

- **Análise gráfica da capacidade do processo**

Comparando-se a faixa natural do processo com a atual faixa de especificação, a Figura 9 mostra que o processo com o atual limite de especificação não é capaz com: $C_p = (LSE-LIE)/(3 \sigma) = -0,70$, onde C_p é conhecido como a medida da capacidade potencial do processo.

Os índices de capacidade processam informações de forma que seja possível avaliar se um processo é capaz de gerar produtos que atendam às especificações provenientes dos clientes.

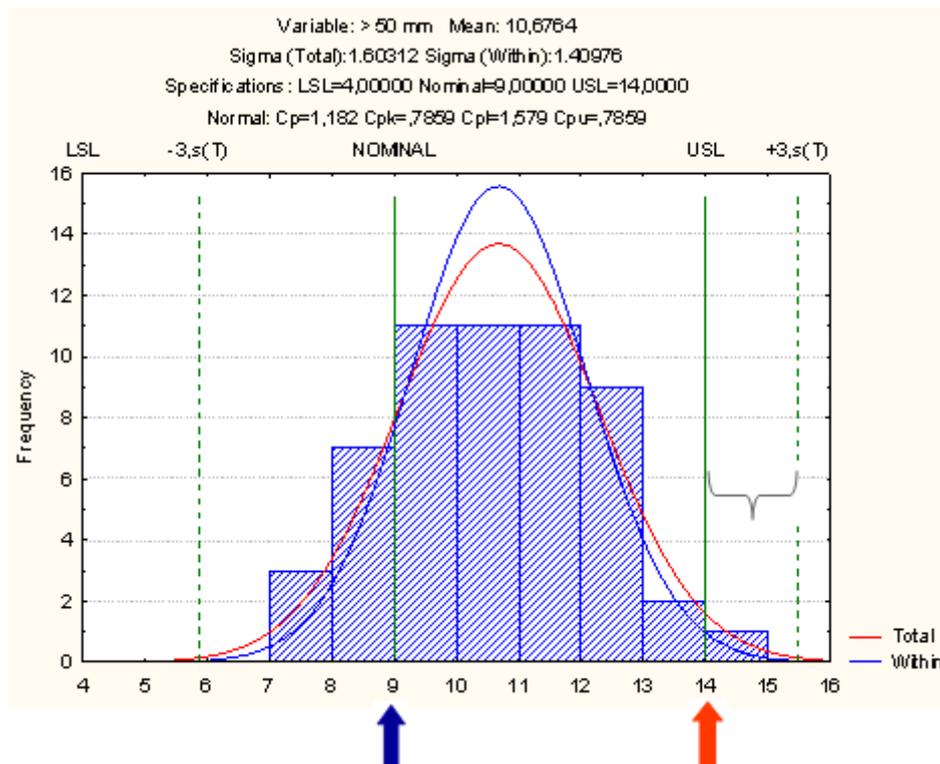


Figura 10: Histograma: Fração >50 mm com a nova especificação.

Tendo 1,81% dos resultados acima do LSE, sem impacto na perda de resultados de ISB (Tabela 3).

Tabela 3 – Análise resultados da fração >50mm com a nova especificação

| Variable: > 50 mm, Distribution: Normal (Spreadsheet2_(Recovered)) Specifications: Lower=4,00000 Nominal=9,00000 Upper=14,0000 Mean:10,676,Std.Dv:1,6031 | | | | |
|--|----------|------------------|----------|------------------|
| | Observed | Percent Observed | Expected | Percent Expected |
| Above USL: | 1 | 1,818182 | 1,049142 | 1,907531 |
| Below LSL: | 0 | 0,000000 | 0,000858 | 0,001559 |
| Total | 1 | 1,818182 | 1,050000 | 1,909090 |

Em função da realidade atual, uma vez que tomadas ações de processo e não se obteve influência significativa para a redução do >50 mm, foi revisada a faixa de controle do >50 mm, uma vez que é inerente ao processo, mantendo o limite inferior e aumentando o limite superior para 14%, conforme estudo estatístico.

3 CONCLUSÃO

Através de dados comparativos e revisões bibliográficas confirma-se que sinteres de baixa basicidade e menor volume de escória leva a uma produção de um bolo de sinter com diferentes características, principalmente no tocante da qualidade física.

A redução da B2 teve forte influência no aumento do > 50 mm, devido a conseqüente redução da velocidade de sinterização, acentuando desbalanceamento da qualidade física do sinter.

A redução do volume de escória, também influenciou o percentual de FeO do sinter. Este aumento pode ser explicado pelo aumento do consumo de retorno de sinter e também pela maior proporção de carbono existente na mistura a sinterizar.

A solução definitiva para o controle da fração >50mm seria a instalação de britador secundário, o qual o controle torna-se independente das condições do processo.

Devido à condição atual, a revisão da faixa de controle do >50 mm só foi possível, uma vez que é inerente ao processo e as condições favoráveis de abastecimento dos Altos-Fornos, conforme estudo estatístico.

REFERENCIAS

- 1 ARCELORMITTAL TUBARÃO, “Padrão Técnico Basicidade do Sinter”, Publicação Interna, Revisão nº005, 2008.
- 2 ARCELORMITTAL TUBARÃO, “Padrão Técnico Qualidade do Sinter”, Publicação Interna, Revisão nº005, 2008.
- 3 RÉGIO, A. A.; FERREIRA, A. M. M.; HARANO, E. L. M.; SILVA, F. D.; OLIVEIRA, H. L. M. de; MENDES, L. B.; GUSGIKEN, J. I.; RESENDE, R. G de; “Controle da fração > 50mm no Sinter Produto”, XXXII Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias Primas, Vila Velha, ES, 2002.
- 4 ARCELORMITTAL TUBARÃO, “Padrão Técnico Controle de Produtividade Máquina de Sinter”, Publicação Interna, Revisão nº005, 2009.
- 5 WERKEMA EDITORA, “Criando a Cultura Seis Sigma”, Treinamento Interno Seis Sigma e Introdução ao Software Statistica, Serra, ES, 2006.