

# SELEÇÃO E PREPARAÇÃO DE COMBUSTÍVEIS SÓLIDOS PARA A PLANTA DE SINTERIZAÇÃO DA CST/ARCELOR- MITTAL <sup>1</sup>

Humberto Luis Martins de Oliveira <sup>2</sup>

Antonio Marcos M Ferreira <sup>2</sup>

Edson Luiz M Harano <sup>3</sup>

Marcelo W Andrade <sup>4</sup>

Roney Gonçalves Rezende <sup>5</sup>

## Resumo

A prática de utilização de *small coque* nos Altos Fornos e as altas taxas de consumo de Antracitos finos mudou o perfil do controle do processo na sinterização, impactando no seu ritmo e estabilidade. Portanto a participação dos Antracitos no “MIX” além da qualidade química e física do mesmo é determinante para a obtenção de elevadas taxas de produtividade e garantia dos controles ambientais. O presente trabalho descreve os critérios de seleção e aquisição de antracitos para a planta de sinterização da CST, com foco nos indicadores de produtividade, estabilidade operacional/qualidade e atendimento aos requisitos ambientais, bem como as melhorias introduzidas na preparação destes combustíveis, *small coque* e Antracitos.

**Palavras-chave:** *Small coque*; Antracito; Produtividade; Seleção.

## SELECTION AND HANDLING OF SOLID FUEL FOR CST/ARCELOR-MITTAL SINTER PLANT

### Abstract

The CST's Blast Furnaces had started to use small Coke in 1987 and since then increased gradually until present levels of 15%. This practical consequently brought a fuel deficit (Around 70%) to Sinter Plant supplied with Anthracites normally very fine and with high content of moisture. This condition has changed the sintering process and environmental control. Therefore the Anthracite amounts in fuel mix, besides its physical and chemical quality are important to get high levels of productivity and keep the environmental goals under control. This paper shows the Anthracites selection and purchase criteria taking into account the productivity, quality and process stability and environmental goals, as well as the improvements on Anthracite and Small Coke handling plant.

**Key words:** Small coke; Anthracite; Productivity; Selection.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 62º Congresso Anual da ABM – Internacional, 23 a 27 de julho de 2007, Vitória – ES, Brasil.

<sup>2</sup> Especialista de Sinterização da CST - Arcelor Brasil

<sup>3</sup> Especialista de Controle técnico da área de Gusa da CST -Arcelor Brasil

<sup>4</sup> Gerente de Seção da Sinterização da CST - Arcelor Brasil

<sup>5</sup> Gerente de Divisão do Controle técnico da área de Gusa da CST - Arcelor Brasil

## 1 INTRODUÇÃO

No processo de produção de sinter, a reatividade e distribuição uniforme do combustível no leito a sinterizar, bem como a sua granulometria, determinam a sua participação no escoamento gasoso, sendo um dos responsáveis pelo desenvolvimento e eficiência do processo de aglomeração. Neste contexto os antracitos impactam negativamente na produtividade da sinterização, pois são mais reativos e finos que o coque.

Dentro da política da CST-Arcelor Brasil da busca contínua por melhores resultados relativos ao custo de produção, a planta de sinterização que originalmente consumia 100% de coque evoluiu para um consumo de 70% de antracitos finos no seu mix de combustíveis.

A partir do contexto de aumento da capacidade produtiva da CST Arcelor Brasil para 7,5 Mt ano de aço, a planta de sinterização deverá ter a sua produtividade aumentada para níveis de 42,00 t/d/m<sup>2</sup>. Por esta razão, um dos itens de maior relevância se refere à participação de antracito no “MIX” de combustíveis, que deverá não apenas preencher os requisitos de performance operacional em termos de produtividade, mas também cumprir as exigências ambientais, de qualidade do produto e custo. Para atender a esta demanda, trabalhou-se em duas frentes: o estabelecimento de critérios de seleção e aquisição de antracitos e a implementação de melhorias no sistema de preparação de combustíveis visando adaptá-lo à nova realidade.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Evolução do Consumo de Antracito no “MIX” de Combustíveis da Sinterização

A partir do ano de 1986 os Altos Fornos iniciaram a prática de utilização de *small coque*, que é o produto do peneiramento do coque menor que 25mm em malhas de 5.00mm, maximizando o seu consumo ao longo dos anos, chegando atualmente a níveis de 13% do *coke rate* total (Coque Grosso; Small Coque e Carvão PCI).

Esta prática que teve como objetivo a redução do custo de produção de gusa, veio gerando conseqüentemente ao longo dos anos um déficit, visto que todo coque menor que 25mm se destinava à sinterização, déficit este que foi suprido com a compra principalmente de antracitos. Os gráficos da Figura 1 mostram a evolução no consumo de *small coque* nos Altos Fornos e de antracito no mix de combustíveis da sinterização.

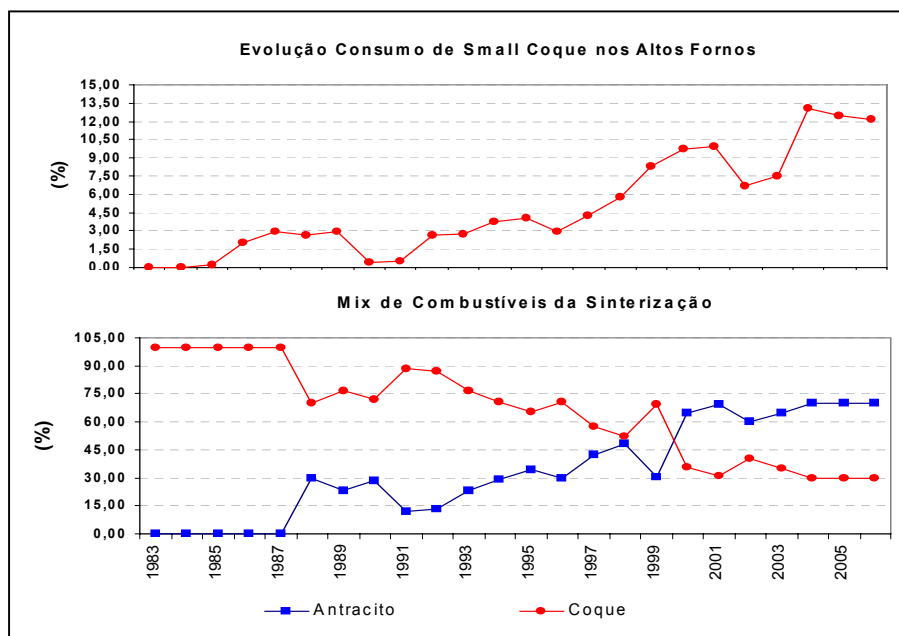


Figura 1: Evolução do consumo de Small Coque nos Altos Fornos e Antracito na Sinterização

## 2.2 Melhorias Implementadas no Sistema de Preparação e Moagem de Combustíveis

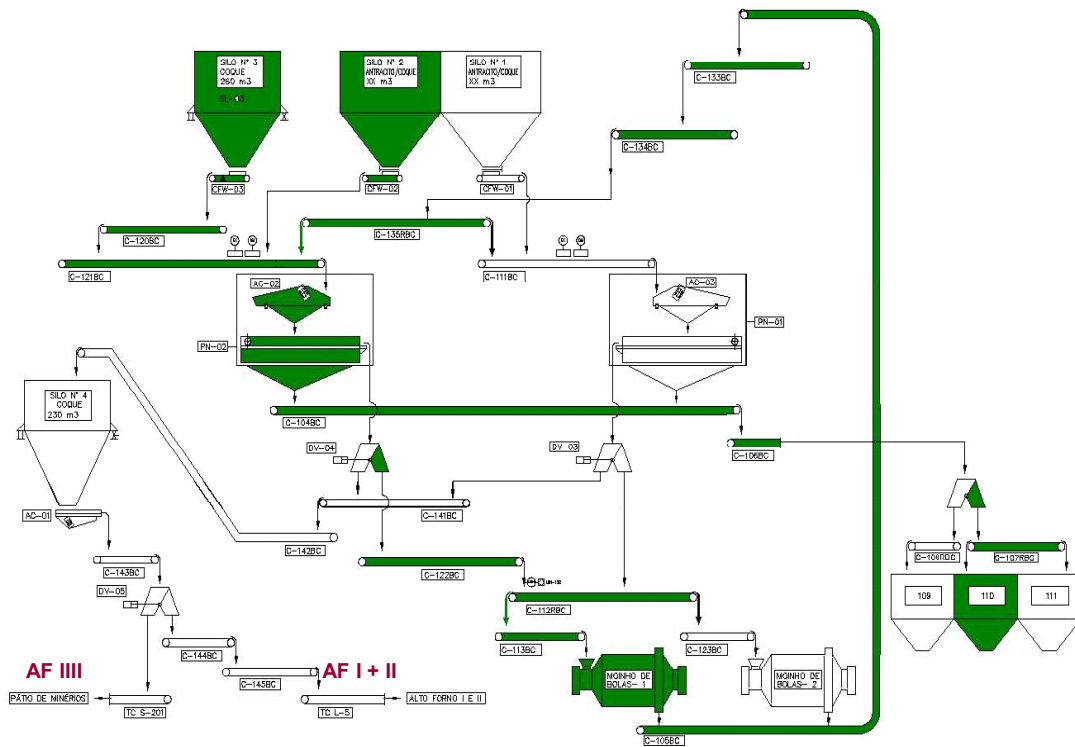
A estação de preparação e moagem de combustíveis da sinterização foi projetada originalmente (1983) para tratar coque de granulometria menor que 25mm seco, proveniente do sistema de apagamento a seco da coqueria “CDQ”. Esta condição mudou a partir da evolução do consumo de antracitos na sinterização, que determinou a sua aquisição em um mercado que disponibiliza somente produtos de granulometria extremamente fina e com teores de umidade elevados, impossibilitando seu peneiramento, conforme quadro da Figura 2. Condições incompatíveis com o projeto original da planta de moagem, sendo necessário operá-la com altas taxas de alimentação (t/h) e cargas de barras baixas, mudando radicalmente o perfil de operação dos moinhos.

QUADRO RESUMO DAS PRINCIPAIS CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DOS MOINHOS				
SITUAÇÃO	Tipo Combustível	Granulometria	Carga de Barras	Alimentação
Anterior	Coque: Menor que 25,00mm	75,00% >5,00mm	Até 38.000 Kg	25,00 a 30,00 t/h
Atual	Antracito Fino	15,00% >5,00mm	Até 12.000 Kg	80,00 a 100,00 t/h

Figura 2: Quadro comparativo das condições originais de operação dos moinhos com coque seco (CDQ) e Antracitos.

**Preparação de Antracitos:** Visando a correção da distorção gerada na operação do sistema com o aumento do consumo de antracito no mix de combustíveis, implementou-se o projeto de melhoria no sistema de tratamento de combustíveis. Esta melhoria consistiu em aumento de capacidade do sistema, substituição das atuais peneiras por peneiras de alta eficiência para materiais úmidos e fechamento do circuito após a moagem, com utilização na sinterização somente do *under size* das peneiras. Estas medidas visam à obtenção de produto com altas taxas de concentração na faixa

granulométrica entre 0,25mm e 3,15mm, que é a mais eficiente para o processo. Outro aspecto importante que está contemplado na nova planta de preparação de combustíveis e a possibilidade de utilização e misturamento de dois tipos de antracitos de qualidades diferentes e características complementares, com a obtenção de um produto de qualidade conhecida e que atenda às necessidades relativas à produção e meio ambiente. O fluxograma da Figura 3 mostra um exemplo de utilização simultânea de dois tipos de antracitos e operação com circuito fechado.



**Rota "Small Coque"**

**Figura 3:** Fluxograma da nova planta com de utilização simultânea de dois tipos de antracitos e circuito fechado e destaque rota preparação de *small coque*.

**Preparação de *small coque*:** Outro objetivo da nova planta foi eliminar a preparação de todo o *small coque* nas rotas do pátio de minérios trazendo como benefícios a eliminação da contaminação dos finos *under size* com finos de outras matérias primas que traziam variabilidade para processo com perda de rendimento; queda de produtividade e aumento de custo; eliminação do custo de manuseio do coque que era transportado para o pátio por caminhões e melhoria da qualidade do *small coque* para os Altos Fornos. Destaque na Figura 3.

### 2.3 Qualidade dos Materiais Testados: Base da Seleção e Aquisição

Ao iniciar o consumo de antracitos na sinterização da CST-Arcelor, a níveis de 30 % no seu mix de combustíveis, os critérios adotados para sua aquisição eram baseados principalmente em aspectos econômicos. Em virtude da demandas ambientais

estabelecidas e acordadas junto aos órgãos, durante o período de 2004 a 2005 foi testada industrialmente uma matriz de antracitos, com o objetivo de identificar os materiais mais apropriados às novas condições.

A princípio, a proposta era desenvolver alternativas de substituição ao antracito consumido naquele momento, de origem chinesa. Este antracito possuía qualidade química extremamente apropriada em termos ambientais, porém não atendia os requisitos de produtividade, principalmente em função da granulometria mais fina. Sua distribuição granulométrica era agravada pela impossibilidade de peneiramento, o que provocava a geração de superfinos.

A definição da matriz a ser testada, entretanto, não focou apenas a questão granulométrica. Os compromissos ambientais (emissões de particulado, SO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>), de qualidade do sinter e produção foram observados simultaneamente. A seguir serão descritos os critérios mais importantes observados na escolha dos materiais consumidos nos testes.

## 2.4 Parâmetros de Qualidade Física

A granulometria apresentada pelos antracitos após preparação nas plantas de moagem é extremamente importante para uma distribuição térmica uniforme, com reflexos diretos na produção e qualidade do sinter. O quadro a seguir (Fig.nº4) resume o impacto de cada fração obtida após a preparação dos combustíveis para o processo de sinterização:

GRANULOMETRIA	CARACTERÍSTICAS IDENTIFICADAS NO PROCESSO	EFEITO
Grão grosso (> 3,0 mm)	(1) Geração da queima irregular pela falta de uniformidade da distribuição térmica na camada à sinterizar. (2) Baixa velocidade de sinterização. (3) formação de cascão no fundo do setor	Pela redução de rendimento, ocorre aumento do consumo específico de coque. Impacta negativamente na produtividade
Grão médio (3 - 0,25mm)	(1) Distribuição térmica uniforme. (2) Velocidade de sinterização compatível com as trocas térmicas necessárias ao processo	Eficiência de combustão otimizada, favorecendo as condições de rendimento e produtividade.
Grão fino (< 0,25 mm)	(1) Alta velocidade de sinterização, com transmissão de calor insuficiente ao processo. (2) O coque super-fino fica envolto pelo minério, prejudicando sua combustão.	Aumenta o consumo específico de coque, por perda de rendimento.

**Figura 4:** Influência das diferentes frações granulométricas dos combustíveis no processo de sinterização

No caso da sinterização da CST-Arcelor a questão granulométrica dos combustíveis deve levar ainda em consideração o dispositivo de segregação da mistura, denominado ISF, que potencializa a concentração da fração mais grossa para o fundo dos carros setores e a mais fina para a região superior do bolo.

Desta forma, buscou-se nos materiais alternativos concentrações baixas na fração fina (20% máximo abaixo de 0,50mm) de forma a limitar nos materiais já moídos concentrações superiores a 20 % abaixo de 0,25mm. Isto se baseou na impossibilidade

do peneiramento destes materiais, conforme descrito no item 2.2. Como todo o material acabava sendo carregado diretamente no moinho, as frações finas acabam se tornando super-finas, afetando diretamente o processo.

## 2.5 Parâmetros de Qualidade Química

Antracitos: As características químicas dos antracitos (análise imediata e química das cinzas) impactam diretamente tanto nas questões ambientais e qualidade do sinter.

### 2.5.1 Parâmetros de qualidade química relacionados aos aspectos ambientais

Baseado na política de desenvolvimento sustentável da CST a Sinterização tem entre seus compromissos a redução e controle de suas emissões atmosféricas. Neste contexto, determinadas características dos antracitos devem ser observadas e controladas visando às emissões na chaminé principal:

- *Input* hidrocarbonetos: Causa queda de eficiência elétrica dos precipitadores com conseqüente aumento das emissões de particulados (Limite legal IEMA: 50 mg/Nm<sup>3</sup>). Política de compra de Antracito baixo volátil (máx. 5,5%).

- *Input* Enxofre: Emissões de SO<sub>2</sub>. Ao participar com até 70 % do mix de, o teor de S dos antracitos é de fundamental importância no controle da emissão de SO<sub>2</sub>, (Limite Legal CONAMA: 600 mg/Nm<sup>3</sup>). Política restrição dos teores de S nos antracitos em até 0,60%.

- *Input* Nitrogênio: Emissões de NO<sub>x</sub>. O mecanismo de formação deste composto é complexo, sendo que a maioria dos estudos indica grande correlação de sua formação com o nitrogênio contido nos combustíveis sólidos (Limite Legal CONAMA: 700 mg/Nm<sup>3</sup>). Política restrição dos teores de "N" nos antracitos em até 1,15%,

### 2.5.2 Parâmetros relacionados ao aspecto da qualidade do sinter

O atendimento às especificações de qualidade do sinter, leva à busca de antracitos com teores de cinza mais reduzidos visando principalmente balanço químico (sílica, fósforo e alumina). Política aquisição dos antracitos com limite de 13% de cinzas.

## 3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

**Preparação de Antracito:** A nova planta teve o seu início de operação em circuito fechado a partir de 23/01/2007 e os primeiros resultados apontaram para obtenção da qualidade proposta, ou seja, um aumento da ordem de 10% da fração 0,25mm a 3,15mm (Faixa intermediária); redução da ordem de 9% da fração < 0,25mm e redução da ordem de 70% da fração >4,76mm. Estes resultados são preliminares, pois a planta ainda se encontra em fase de ajustes, após o qual se prevê a total eliminação da fração >4,76mm e uma concentração na faixa intermediária da ordem de 80% (Atual 72,08%). Os resultados obtidos apontam para maior estabilidade do processo com reflexo de na produtividade resultando em aumento da ordem de 0,9% na mesma. Os gráficos da Figura 5 mostram a evolução das diversas frações de controle.

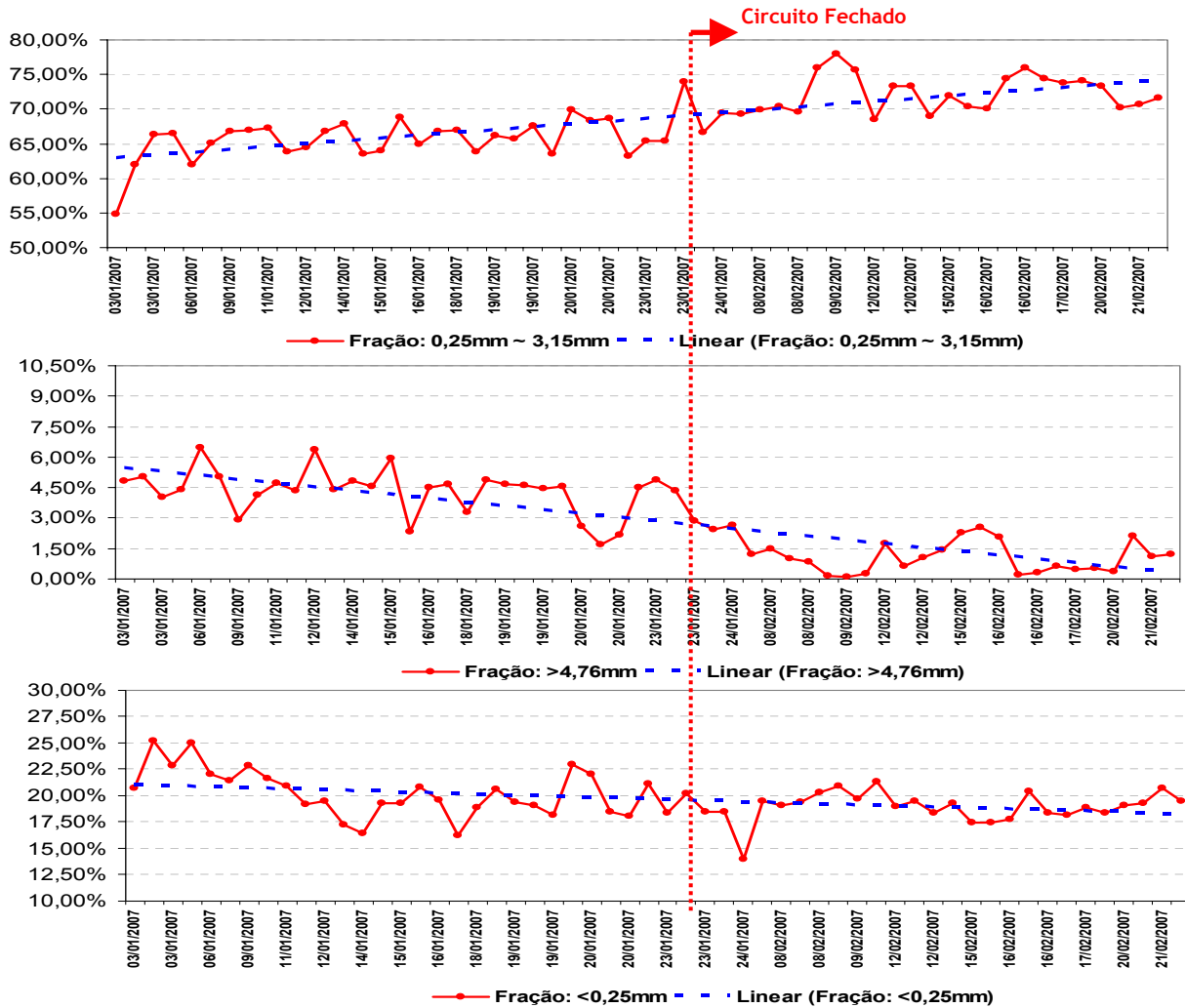
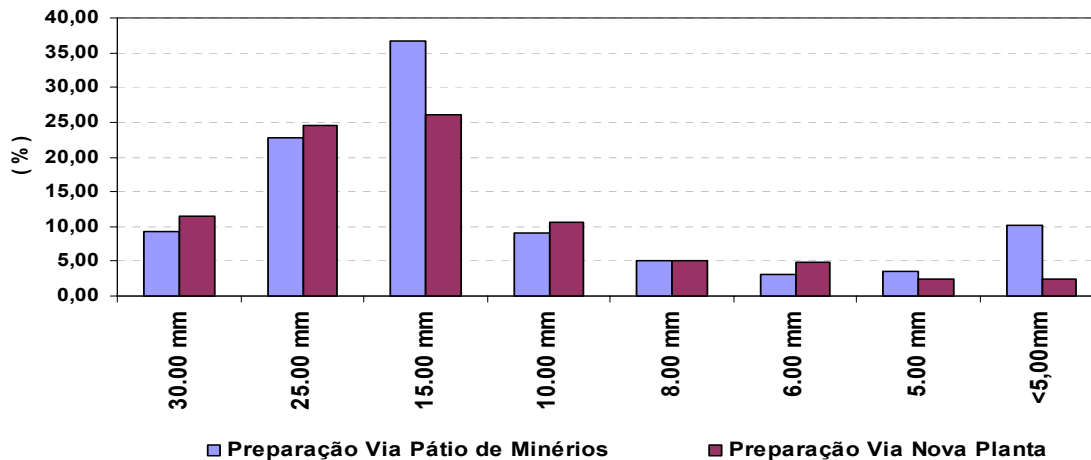


Figura 5: Evolução da distribuição granulométrica do Antracito tratado na nova planta.

**Preparação de *small coque*:** A preparação de *small coque* na nova planta possibilitou a obtenção de um produto de melhor qualidade para os Altos Fornos, com a redução da fração <5,00mm de valores da ordem de 10% para valores da ordem de 2%. O gráfico da figura nº6 mostra uma melhora na distribuição granulométrica do *small coque* tratado na nova planta.



**Figura 6:** Distribuição granulométrica do *small coque* tratado na nova planta

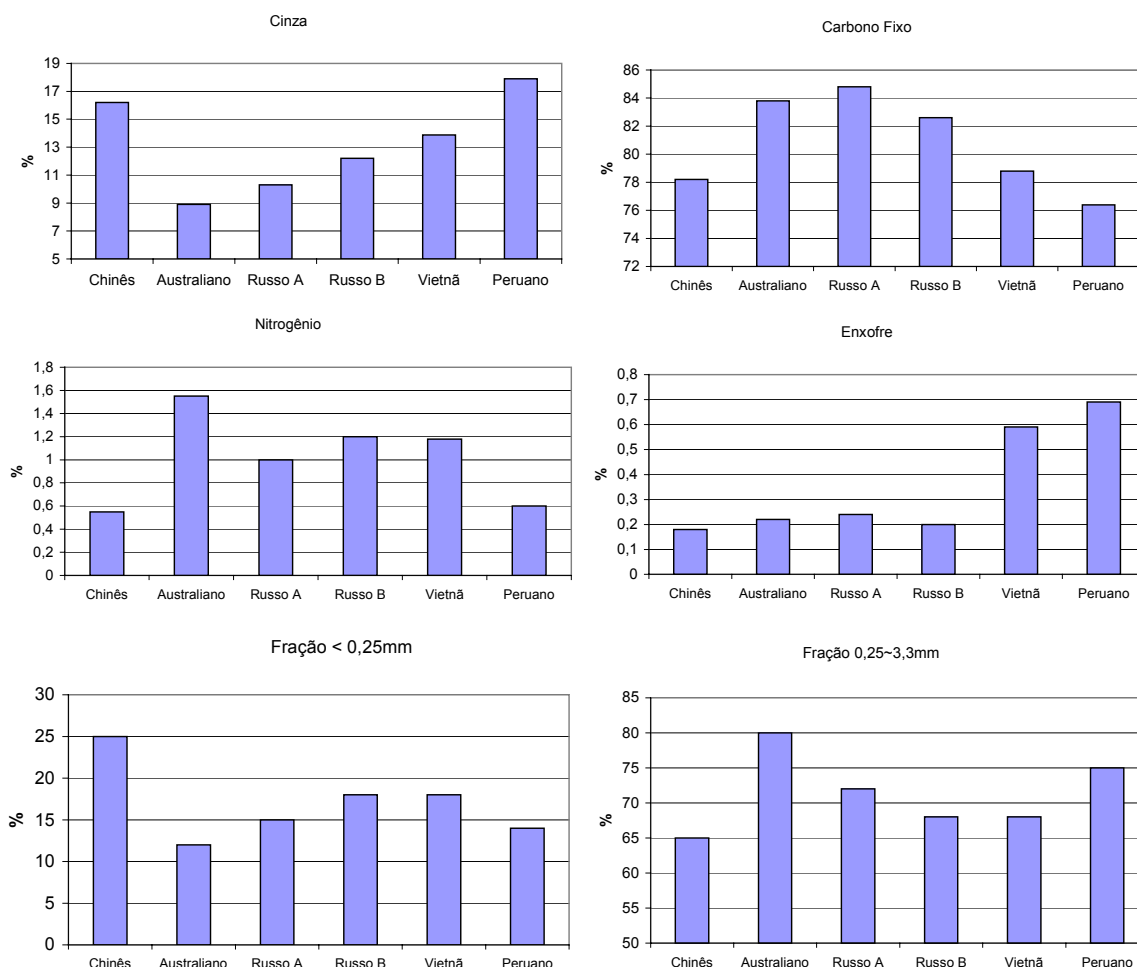
Como consequência da preparação de *small coque* em rota exclusiva para combustíveis eliminou-se completamente a contaminação dos finos gerados no peneiramento, condição que possibilitou maior estabilidade do processo tendo em vista eliminou as variações de carbono fixo do coque fino. O quadro da figura nº7 mostra um comparativo antes e após o início do peneiramento de *small coque* na nova planta, apontando para maior estabilidade do carbono fixo.

PERÍODO	CARBONO FIXO (%)		
	Valor Mínimo	Valor Médio	Valor Máximo
Set./ 2006 a Nov./ 2006	69,21	82,31	87,72
Dez./ 2006 a Jan./ 2007 ( Nova Planta)	83,45	86,61	87,88

**Figura 7:** Quadro comparativo da qualidade do coque fino antes a após a nova planta

**Testes industriais com antracitos:** A partir das definições técnicas citadas no item 2.5, foram testados industrialmente 6 antracitos, visando observar sua performance relativamente às questões ambientais, de qualidade e produtividade. Os testes eram sempre executados em uma mesma pilha homogeneizada (blendado), onde em sua primeira metade era consumido o material base (coque ou antracito chinês), complementando o teste na segunda metade com o antracito a ser avaliado. As pilhas testadas possuíam massa total de 130.000 toneladas, com consumo médio em 7 dias. A seguir são apresentados gráficos da Figura 8 comparativos com os antracitos testados na máquina de sinter da CST:





**Figura 8:** Resultados Comparativos dos Antracitos Testados Industrialmente

- As alternativas desenvolvidas foram superiores ao antracito chinês em termos granulométricos, favorecendo a produtividade;
- Todas alternativas, com exceção do antracito Peruano, apresentaram teores superiores de Carbono fixo, favorecendo a redução no consumo específico (ganho econômico);
- Todas alternativas, com exceção também do antracito Peruano, apresentaram teores inferiores de Cinza, favorecendo em termos de balanço químico (redução no consumo de minérios baixa sílica – ganho econômico);
- Os antracitos Vietnã e Peruano apresentaram teor de enxofre superiores, porém não comprometeram a emissão estabelecida para o SO<sub>2</sub> de 500 mg/Nm<sup>3</sup>. Porém, podem comprometer futuras restrições ambientais;
- Quanto ao Nitrogênio, este item compromete o antracito Australiano (a 70% no mix de combustíveis). Comprovou-se que o nível de nitrogênio apresentado por este material (1,55%), impactou na elevação da emissão de NO<sub>x</sub> acima de 400 mg/Nm<sup>3</sup>; e

- A pesar de estar enquadrado nos critérios estabelecidos de qualidade, o antracito Russo A apresentou sérias dificuldades de manuseio, comprometendo sua performance.

#### 4 CONCLUSÕES

Diante do cenário de aumento de produtividade da máquina de sinterização da CST-Arcelor a partir de 2007, um dos focos abordados foi o desenvolvimento de uma matriz de antracitos compatível com os novos desafios além dos investimentos realizados na nova planta de preparação. Após o término dos testes industriais e conclusão do investimento, algumas conclusões podem ser citadas:

- Em termos de produtividade, o antracito Australiano foi o de melhor performance, porém tem seu uso restrito a níveis de 70 % no mix de combustíveis em função da emissão de NOx.
- O antracito que mostrou melhor equilíbrio nas condições de produtividade, consumo específico, aspecto ambiental e qualidade do sinter foi o antracito Russo B.
- Após a entrada da nova planta de preparação de combustíveis em dezembro de 2006, abriu-se a alternativa de utilização simultânea de dois tipos de antracitos na sinterização. Desta forma, misturas de antracito poderão ser utilizadas, baseando-se a avaliação em termos de produtividade, atendimento às condições ambientais e custo.
- Os resultados preliminares após o *START UP* da nova planta apontam para resultados bastante satisfatórios com relação à distribuição granulométrica dos combustíveis tratados além da total eliminação de contaminação do coque fino na preparação do *small coque*.

Cabe ressaltar que o trabalho desenvolvido permitiu à sinterização da CST, aprimorar seu modelo de previsibilidade em relação à performance de combustíveis no seu processo, facilitando a tomada de decisão nas etapas de seleção e aquisição de antracitos finos.