

A INFLUENCIA DAS MATÉRIA-PRIMA NO PROCESSO DE SINTERIZAÇÃO*

Fabiana Fonseca de Morais¹
Victor Oliveira²
Juan Luis de Frutos Santamaria³

Resumo

A sinterização é um dos mais importantes e mais antigos processos de aglomeração da indústria metalúrgica. Entender a realidade atual do processo de sinterização e as qualidades requeridas para o sinter é primeiro passo para o desenvolvimento de equipamentos ou processo. Este trabalho visa entender o impacto das diferentes características de minério e resíduos empregados em uma sinterização, seu comportamento na qualidade do sinter e a sugestão de equipamentos para amenizar problemas encontrados. Parâmetros como CaO/SiO₂, SiO₂, Al₂O₃ e MgO são avaliados para entender a tendência do mercado e o efeito na qualidade final do sinter. A correta avaliação das necessidades da planta para otimização dos equipamentos a matéria-prima disponível se faz necessário para o melhor resultado no alto-forno. A granulometria da matéria-prima também é um ponto importante a ser analisado. O *sinter feed* tradicionalmente possui uma maior fração entre 0,7 e 6 mm, uma fração menor entre 0,2 e 0,7 mm e um conteúdo de ultrafino (<0,150 mm) limitado a 15%. Estudos identificam uma tendência do *sinter feed* com maior conteúdo de sílica e o consequente aumento da utilização de ultrafinos. Como resposta ao incremento de ultrafinos na sinterização as grandes siderúrgicas já estão investindo em equipamentos que minimizem grandes perdas de produtividade, como a instalação do misturador intensivo, utilizado em projetos da Pau Wurth. Outra solução inclui a instalação de uma mini-sinterização dedicada para receber este material mais fino e resíduos. O sinter produzido poderá ser adicionado diretamente no forno e/ou ser utilizado como nucleante na sinterização grande para aumento de sua produtividade.

Palavras-chave: Sinterização; Qualidade do sinter; Granulometria; Resíduos; Sinter feed.

THE INFLUENCE OF RAW MATERIAL IN SINTER PLANT PROCESS

Abstract

Sintering is one of the most important and oldest agglomeration processes in the metallurgical industry. Understanding the current reality of the sintering process and the qualities required for the sinter is first step in the development of equipment or, process. This study aims to understand the impact of different ore characteristics and waste employees in a sintering, their behavior in the quality of sinter and equipment suggestion to find solution to the problems. Parameters such as CaO / SiO₂, SiO₂, Al₂O₃ and MgO are evaluated to understand the market trend and the effect on the final quality of the sinter. The correct evaluation of the plant's needs for optimization of equipment to the available raw material is necessary for the best result in the blast furnace. The particle size of the raw material is also an important issue to be addressed. The sinter feed has traditionally a greater fraction between 0.7 and 6 mm, a minor fraction between 0.2 and 0.7 mm and an ultra-fine content (<0.150 mm) not exceed 15%. Studies have identified a trend of sinter feed with higher content of silica and the consequent increased use of ultrafine. In response to the increase in the ultrafine the large steel works are already investing in equipment that minimize large losses in productivity, as the installation of intensive mixer, used in projects of Pau Wurth. Another solution includes the installation of a mini-sintering dedicated to receive this finer material and waste. The sinter produced can be added directly in the blast furnace and / or be used as nucleante in large sintering to increase the productivity.

Keywords: Sinter plant; Sinter quality; Grain size; Residues; Sinter feed.

¹ Mestre em Engenharia Química e responsável pela unidade de negócio de sinterização na Paul Wurth do Brasil, Belo Horizonte, MG, Brasil.

² Engenheiro de processo, Paul Wurth do Brasil, Belo Horizonte, MG, Brasil

³ Process Engineer Paul Wurth, Luxembourg, G-D of Luxembourg.

1 INTRODUÇÃO

A sinterização é um dos mais importantes e mais antigos processos de aglomeração da indústria metalúrgica. A história da sinterização se confunde com a história da siderurgia com relatos de técnicas de produção de ferro a partir de finos de minério datados no começo da civilização humana. O primeiro equipamento industrial foi desenvolvido por volta de 1890 na Inglaterra e a primeira máquina contínua foi desenvolvida por Dwight e Lloyd em 1903, no México [4].

A sinterização é um processo utilizado na siderurgia para aglomeração de misturas de finos de minério de ferro, coque ou carvão, resíduos contendo ferro, finos de retorno e fundentes. O processo de aglomeração é necessário para melhorar a permeabilidade da carga de um alto-forno e possibilita os seguintes benefícios:

- Aumento do contato sólido e o gás redutor
- Diminuição do consumo de combustível
- Aumento da velocidade de redução
- Diminuição da quantidade de poeiras arrastadas pelo topo e consequente diminuição do pó no gás de alto-forno
- Flexibilidade do processo, permitindo a adequação do sinter às necessidades do alto-forno.

Porém, o alto-forno exige um sinter com boa redutibilidade e elevado teor de ferro, resistente a altas temperaturas, forças e pressões internas sem amolecer ou decrepitar. Além desta característica busca-se baixo teor de enxofre, fósforo e pequena quantidade de partículas finas e muito grossas.

Entender a realidade atual do processo de sinterização e as qualidades requeridas para o sinter é primeiro passo para o desenvolvimento de equipamentos ou processos. A Paul Wurth, com este objetivo, está atenta as necessidades e realidades do mercado com o intuito de desenvolver produtos e serviços necessários ao avanço tecnológico das plantas de sinterização.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O processo de sinterização se inicia com a blendagem dos materiais no pátio (em alguns casos esta etapa é eliminada por questão de espaço e disponibilidade de equipamentos). Em seguida fundentes são preparados e carvão ou coque moídos para atingir a granulometria correta. A fase seguinte do processo de sinterização consiste na preparação da mistura que requer uma dosagem adequada seguida pela homogeneização de diferentes tipos de materiais e a formação de quasi-grãos com a adição de água e aglomerantes. A etapa de mistura e pré-granulação é afetada pelos componentes da mistura, tais como:

- % ferro total
- % alumina
- Teor de umidade
- % combustível
- Basicidade
- Distribuição granulométrica (% de ultrafinos)
- Tipo de aglomerante adicionado
- Mineralogia do minério.

Devido à diversidade de minérios atualmente encontrada no mercado e a necessidade cada vez maior de utilização de resíduos de ferro da própria siderúrgica, o comportamento da mistura e consequente a qualidade final do sínter são diretamente influenciados pela composição química, granulometria e composição mineralógica desta mistura.

A próxima fase do processo é onde a sinterização propriamente dita acontece. É na máquina de sinterização que os fenômenos físicos de transferência de calor e químico de combustão do carbono determinam o desempenho do processo, o consumo de combustível e a qualidade do produto. O controle do processo, a eficiência dos equipamentos e a mistura realizada na etapa anterior determinarão o melhor rendimento.

As fases finais consistem no resfriamento e na classificação do produto. O resfriamento é também uma etapa importante do processo para determinação da qualidade final do sínter.

Este trabalho visa entender o impacto das diferentes características de minério e resíduos empregados em uma sinterização, seu comportamento na qualidade do sínter e a sugestão de equipamentos para amenizar problemas encontrados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sinterização é uma importante parte do processo das usinas integradas, permitindo a utilização de finos de minério e reutilização parcial dos rejeitos industriais contendo ferro. O sínter sempre representou um papel importante para as usinas brasileiras pelo efeito que ele causa no alto-forno e flexibilidade permitida pela planta. A realidade atual destas sinterizações está em lidar com a perda da qualidade e afinamento da matéria-prima com consequente perda da produtividade e na qualidade do sínter. O desafio é identificar as melhores práticas para a adequação dos equipamentos e processos. Temos no Brasil 7 usinas com grandes sinterizações em um total de 13 plantas. A figura 1 mostra as principais características do sínter produzido no Brasil em 12 sinterizações e a média das produtividades destas plantas baseado em dados históricos.

3.1 Composição Química

A composição química das matérias-primas são parâmetros importantes para a qualidade do sínter produzido. Parâmetros como CaO/SiO_2 , SiO_2 , Al_2O_3 e MgO são avaliados para entender a tendência do mercado.

A figura 2 apresenta a evolução das características químicas do sínter na Europa desde a década de 70 até 2010. Pode-se perceber que existia uma tendência de aumento do conteúdo de ferro no sínter para reduzir o volume de escória produzida no alto-forno. Porém, com a piora da qualidade da matéria-prima das últimas décadas pode-se ver uma tendência de aumento da escória. Duas possibilidades podem explicar este aumento: aumento do consumo de pelotas ácidas (mais baratas), ou diminuição da quantidade de sínter no alto-forno devido a perda de produtividade das sinterizações. O conteúdo de MgO decresceu devido a tendência de utilização direta de sílica no alto-forno.

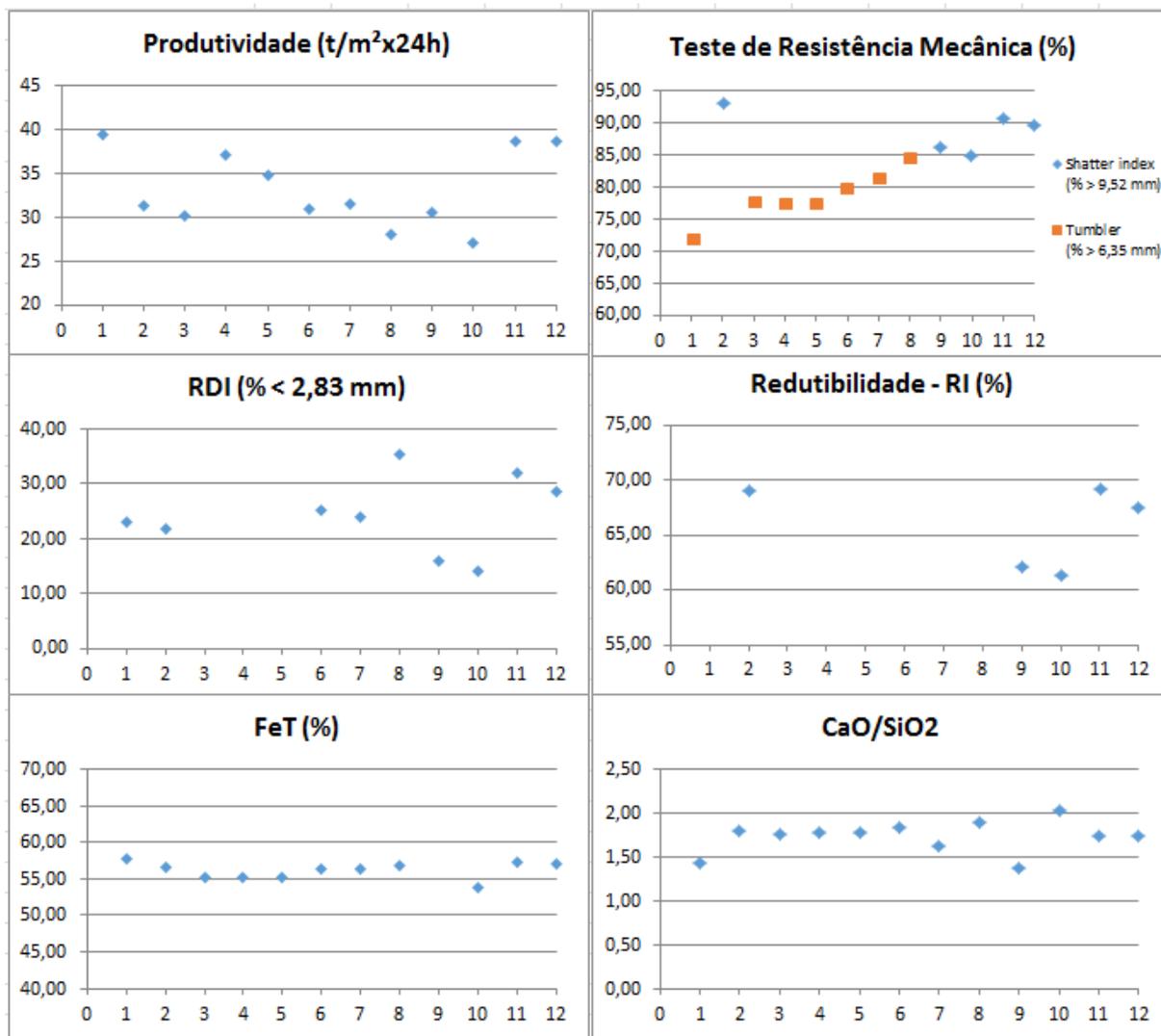


Figura 1. Qualidade do sinter produto no Brasil e produtividade de 12 sinterizações no Brasil.

No Brasil, conforme apresentado por Edson Luiz M. Harano [1], no 43º Seminário de Redução da ABM em 2013, a tendência também é de aumento de Al_2O_3 , P e SiO_2 nas sinterizações, com diminuição do teor de ferro total e conseqüente aumento do volume de escória dos altos-fornos. Para neutralizar este efeito houve uma tendência de aumento da utilização de pelota nos altos-fornos brasileiros. Harano [1], em seu trabalho, enfatiza a preferência dos operadores brasileiros por sinter, porém enfatiza que para neutralizar os efeitos do aumento de SiO_2 no *sinter feed* será necessário o aumento de consumo de *pellet feed* nas sinterizações e conseqüente diminuição da produtividade.

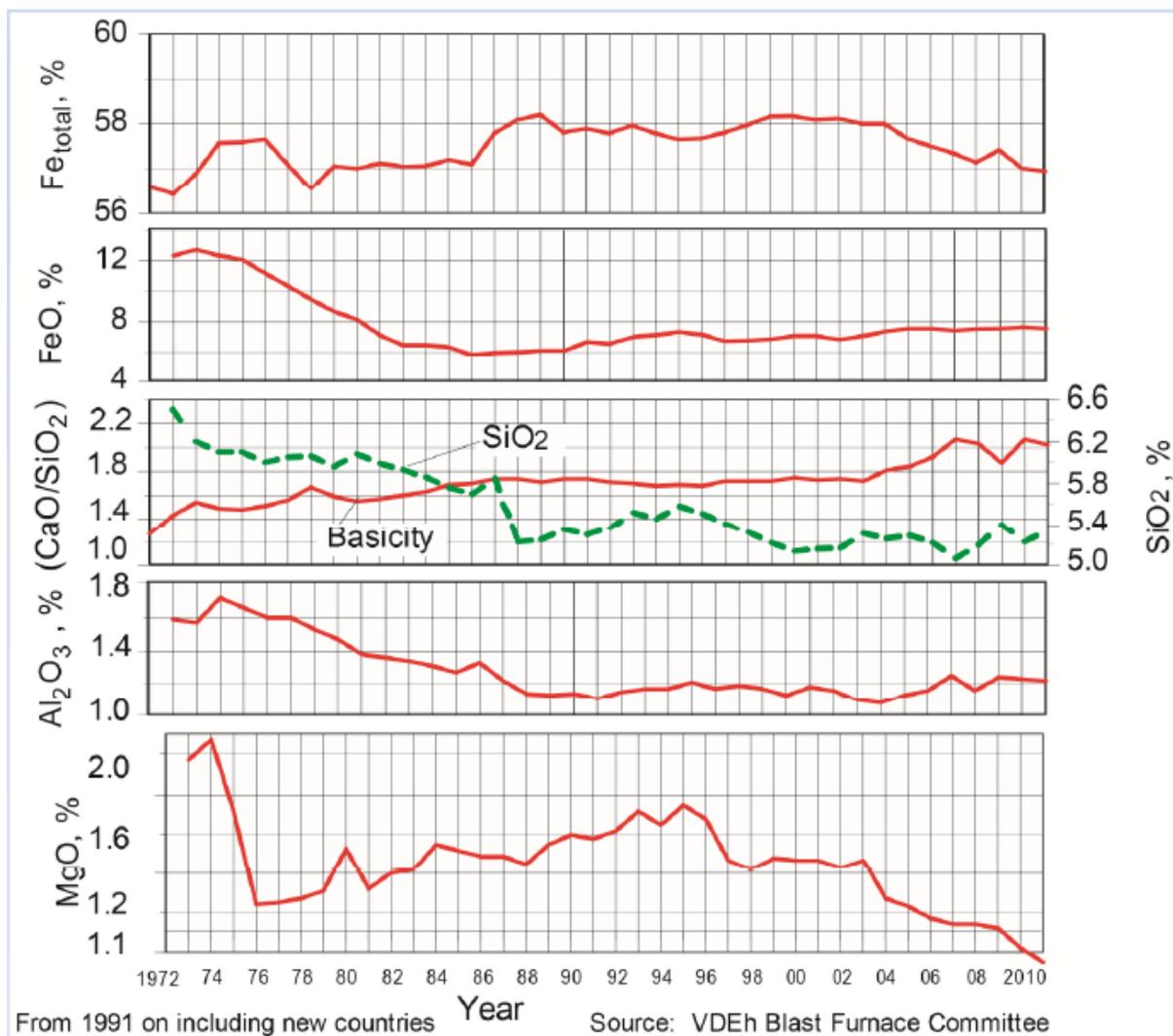


Figura 2. Evolução das características químicas do sinter produto na Europa.

A qualidade final do sinter é fortemente influenciada pela qualidade química da matéria-prima. A figura 3 mostra o efeito da resistência a frio para diferentes índices de basicidade.

A avaliação da resistência antecede a entrada no alto-forno, pois o sinter tem que possuir resistência suficiente para resistir aos esforços de transporte e manuseio até o alto-forno, bem como dentro dele. A resistência do sinter é avaliada por algumas usinas pelo teste de tamboramento (ISO 3271 => %>6,3 mm ou JIS =>%>10 mm) ou pelo ensaio de queda (shatter => %10 mm) JIS M8711, conforme mostrado na figura 1. Valores acima de 70% são desejados nas siderúrgicas brasileiras.

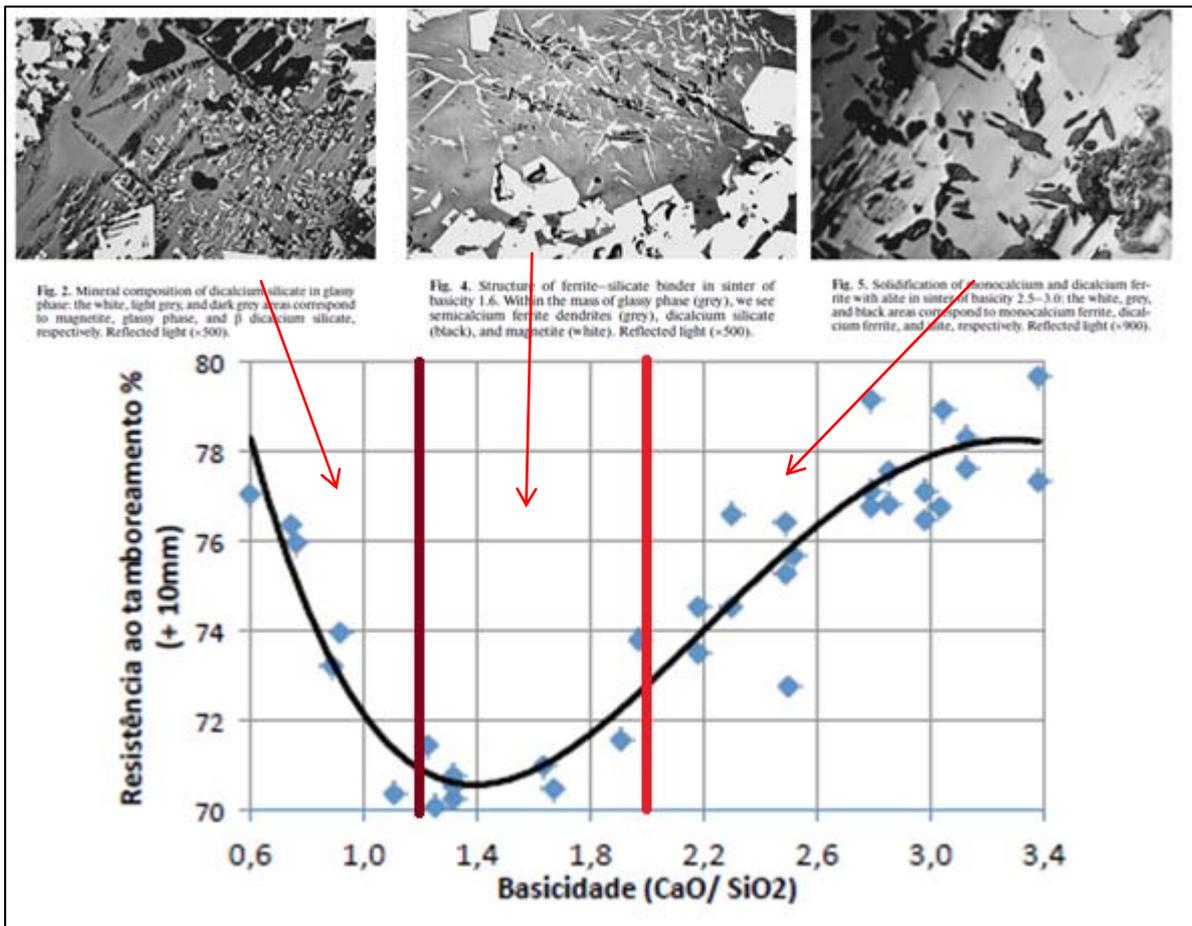


Figura 3. Impacto da basicidade na resistência do sinter.

Outros fatores são afetados pela composição química da mistura como o RDI (Índice de degradação a redução), RI (Índice de redutibilidade), a produtividade e a taxa de combustível conforme tabela 1 [5].

Tabela 1. Efeito dos elementos nas características do sinter e parâmetros da sinterização

Composto	RDI	RI	Resistência a Frio	Produtividade da sinter	Taxa de Coque
SiO ₂	↓	o	↑	↑	o
Al ₂ O ₃	↑↑	o	↓	↓	↑
MgO	↓	↓	↓	↓	↑
BI (B2)	↓		↑	↑	o
FeO	↓	↓	↑	↑	↑

A avaliação do fenômeno de desintegração devido a redução, conhecido como RDI, tem sido feita principalmente utilizando-se dois tipos de ensaios, ambos estatísticos: o ISO4696-1 (%<3,15 mm) e ISO 4696-2 (%<2,83 mm). O ensaio ISO 4696-2 é o mais utilizado pelas usinas siderúrgicas do Brasil e valores abaixo de 35% são considerados satisfatórios. Pode-se melhorar o RDI do sinter modificando a matéria-prima e parâmetros do processo.

A avaliação da redutibilidade, ou grau de facilidade que possui o sinter de perder oxigênio para os gases redutores, RI, tem sido feita principalmente por dois ensaios: ISO 7215, mais utilizado no Brasil, e a ISO 4695, mais utilizada na Europa.

No Brasil são considerados valores acima de 60% aceitável para sinterizações tradicionais.

3.2 Granulometria

Tradicionalmente as matérias-primas minerais para a sinterização possuem as características conforme apresentado na figura 4.

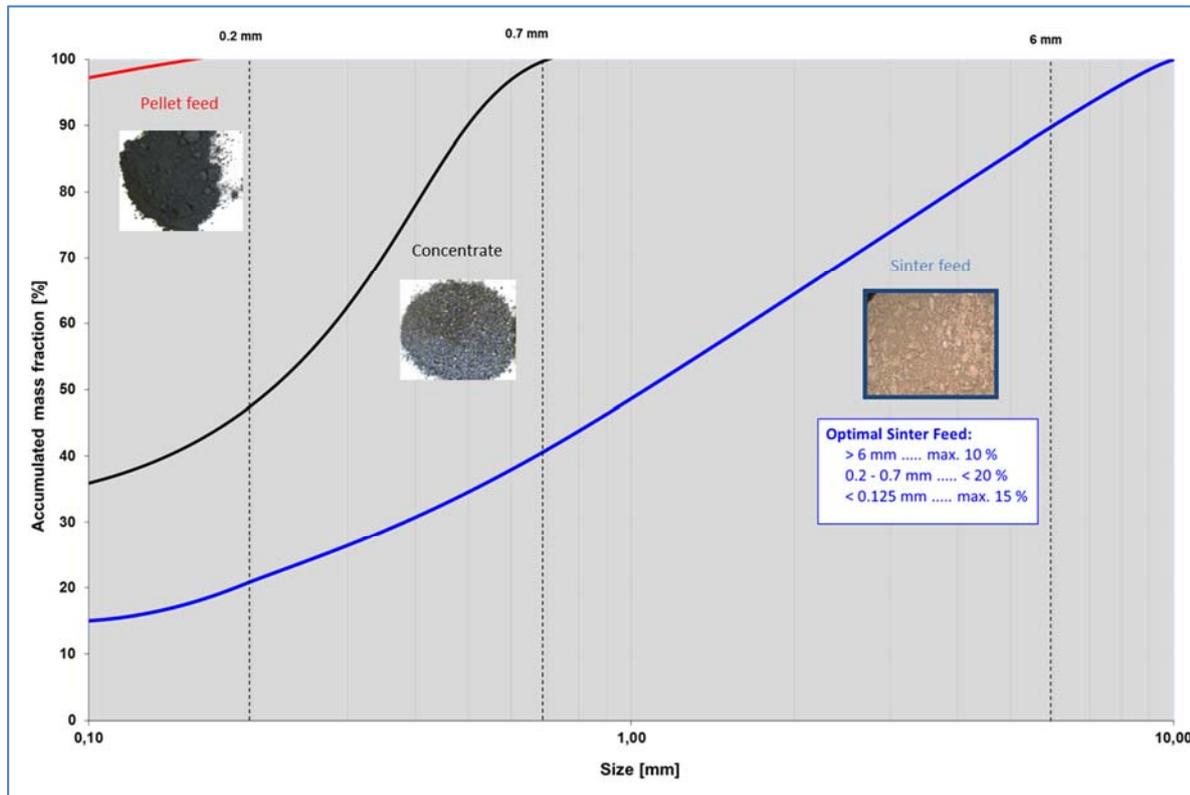


Figura 4. Distribuição granulométrica típica para diferentes matérias-primas de minério-de-ferro

O *sinter feed* tradicionalmente possui uma maior fração entre 0,7 e 6 mm, uma fração menor entre 0,2 e 0,7 mm e um conteúdo de ultrafino (<0,150 mm) limitado a 15%. Estudos identificam uma tendência do aumento do conteúdo de sílica no *sinter feed*. Para ter acesso a minérios mais ricos se faz necessário o beneficiamento, que consequentemente aumenta a fração de ultrafinos. Novas minas são projetadas considerando um aumento do conteúdo de ultrafinos nos próximos anos conforme mostrado na figura 5.

Como resposta ao incremento de ultrafinos na sinterização as grandes siderúrgicas já estão investindo em equipamentos que minimizem grandes perdas de produtividade. Gerdau e ArcelorMittal Monlevade investiram no final da década de 90 no sistema HPS, que permitiram a utilização de maior quantidade de minério próprio com alto teor de finos. Já a Usiminas optou por instalar um misturador intensivo vertical antes do tambor para suprir a perda da qualidade da matéria-prima. A TKCSA já iniciou sua operação com equipamentos de mistura intensivo verticais e a CSN está instalando misturadores intensivos horizontais em 2 sinterizações.

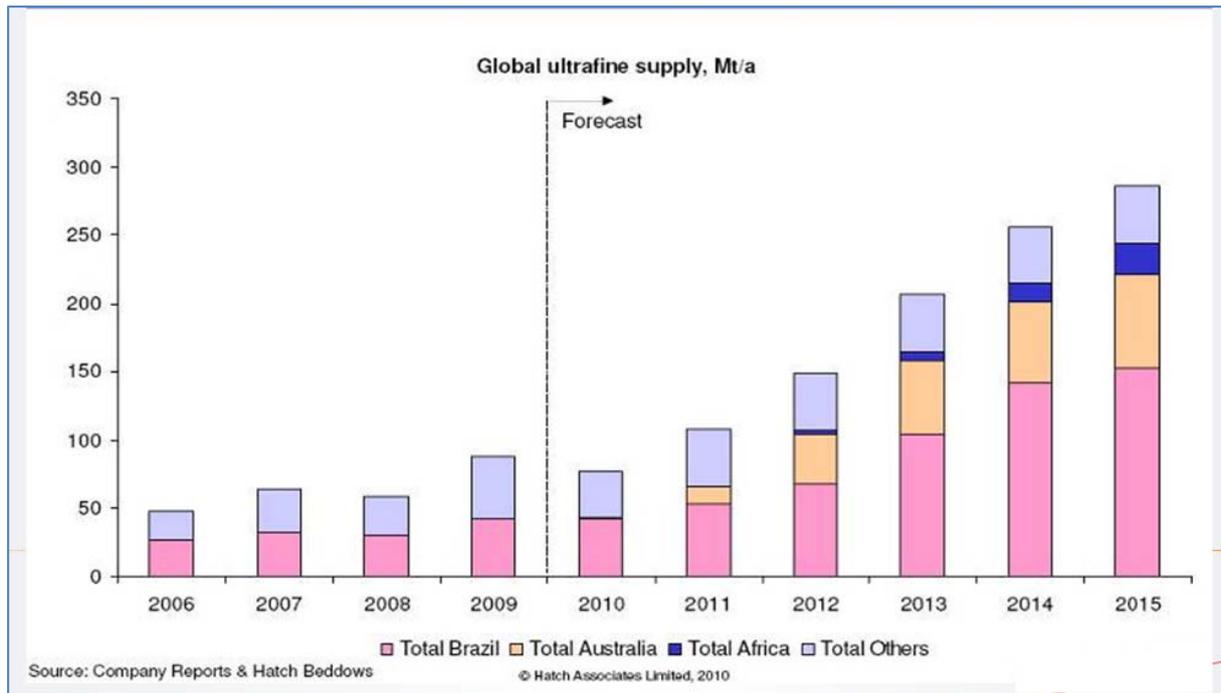


Figura 5. O Aumento do fornecimento de ultrafinos para novos projetos no Brasil e Austrália.

A Paul Wurth possui experiência na utilização de misturador intensivo, tanto no que se refere a instalação do equipamento em uma planta existente, como quanto a otimização de parâmetros e ajuste do equipamento para a realidade da planta. A Paul Wurth participou junto com a ArcelorMittal Gent para achar a configuração ótima, os parâmetros operacionais ideias para o aumento do conteúdo de ultrafinos na sinterização [2]. O misturador intensivo demonstrou o aumento da homogeneidade da matéria-prima, a melhora da granulometria da mistura, aumento da permeabilidade a frio, melhora das propriedades mecânicas do sinter. O misturador intensivo permitiu o aumento da proporção de utilização de ultrafinos sem afetar a produtividade e a qualidade do sinter.

3.3 Utilização de Resíduos e Aumento da Produtividade

Para a melhora da produtividade da sinterização a Paul Wurth possui um modelo que atende as exigências e necessidades do mercado. Uma mini-sinterização contínua dedicada a processar este material mais fino e os resíduos. O sinter produzido poderá ser adicionado diretamente no forno ou ser utilizado como nucleante na sinterização grande para aumento de sua produtividade [3]. A mini-sinterização dedicada poderá ser o local para concentração de materiais mais finos, de pior qualidade impedindo perda de produtividade da grande sinterização. Neste modelo o sistema será projetado considerando o manuseio de materiais mais úmidos, tratamento de gás dedicado e a processo de sinterização adaptados para a condição extrema. A figura 6 mostra o modelo e as rotas possíveis para o sinter produto. Pode-se conseguir nas mini-sinterizações reduções significativas de Zn, como referência de volatilização de até 50%, obviamente, a forma que este Zn se encontra na mistura influencia fator de volatilização.

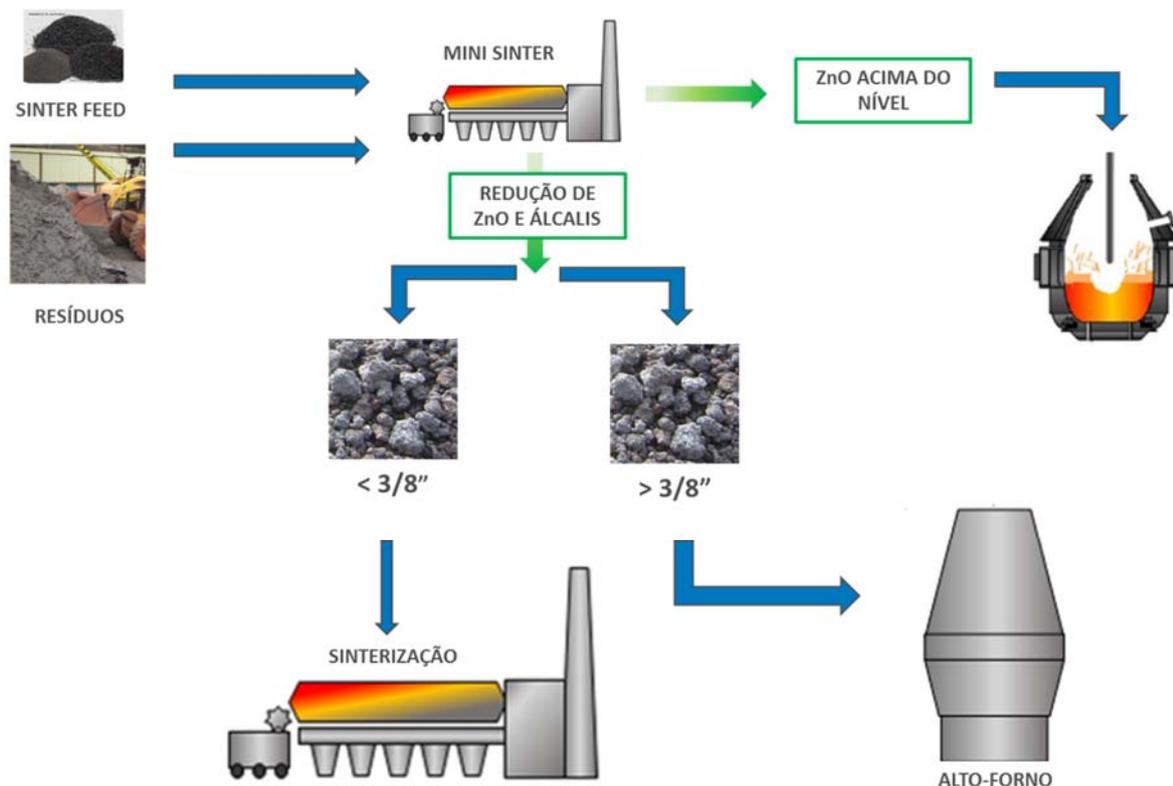


Figura 6. Modelo de reciclagem de resíduos siderúrgicos sólidos e utilização de ultrafinos

4 CONCLUSÃO

A composição química, granulometria das matérias-primas influenciam a qualidade final do sinter e a produtividade do equipamento. Melhorias de processos e equipamentos podem ser feitas para minimizar os efeitos da piora da qualidade e do aumento da quantidade de ultrafinos, bem como a necessidade de utilização de resíduos por pressão ambiental e de custos das matérias-primas. A Paul Wurth tem experiência em otimização de processo em geral incluindo a utilização de misturadores intensivos. Outro modelo considerado viável é utilização de plantas de mini sinterização dedicada ao o processamento do material ultrafino e dos resíduos. Desta forma a sinterização maior ganha produtividade a o alto-forno ganha um incremento de sinter.

REFERÊNCIAS

- 1 Edson Luiz M. Harano, Brazilian Iron Ores Sintering: Present Status and Challenges for the Future, no 43º Seminário de Redução da ABM em 2013.
- 2 Ludivine Piezanowski, Vertical intensive mixing for processing finer iron ore in sinter plant, apresentado no no 44º Seminário de Redução da ABM em 2014.
- 3 Fabiana Fonseca de Moraes, Produção de sinter a partir de resíduos siderúrgicos, apresentado no 44º Seminário de Redução da ABM em 2014.
- 4 Lucy Tahehara, Tese de Doutorado, Caracterização Geometalúrgica dos principais minérios de ferro brasileiros – Fração Sinter feed, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004
- 5 Ana Rita de Almeida Ribeiro Starling, dissertação de mestrado, Avaliação de metodologia de simulação física do processo de sinterização, Universidade Federal de Minas Gerais, 2012