

METÁLICOS PARA ACIARIA ELÉTRICA - CONCEITOS MODERNOS¹

*Fernando Souza Cândido²
Lauro Salles Chevrand³*

Resumo

Atualmente, muitas siderúrgicas ao redor do mundo têm dado especial atenção ao correto uso de sucata metálica em suas Aciarias. Isto ocorre devido ao forte crescimento das “Mini-Mills” equipadas com os mais modernos Fornos Elétricos a Arco - FEA. Nesse contexto, o maior desafio é otimizar e ajustar o consumo dos diferentes tipos de sucata, gases, energia e combustível para os diferentes tipos de aços fabricados, com menor custo, maior qualidade e produtividade. O trabalho a seguir descrito demonstra entendimento e visão das principais perspectivas do mercado de sucata e o aumento de seu consumo em Fornos Elétricos transmitindo informações fundamentais sobre os diferentes tipos de metálicos. O mais importante aspecto é a relação entre o consumo e a oferta de sucata. O qual, faz os especialistas refletirem e investirem em estudos sobre esse balanço no futuro e os força a melhorar suas práticas operacionais no sentido de otimizar o uso desta matéria-prima tão essencial para o aumento da competitividade entre as siderúrgicas.

Palavras-chave: Forno elétrico a arco; Sucata; Mini-mills.

METALLICS TO ELETRIC MELTSHOP - MODERNS CONCEPTS

Abstract

Nowadays, a lot of melt-plants around the world are paying special attention to the right usage of metallic scrap in their melt shops. Such situation occurs because of the strong growth of “Mini–Mills” equipped with the most modern Electric Arc Furnaces - EAF. In this context, the greatest challenge is to optimize and adjust the consumption of the different types of scrap, gas, energy and fuel to the different steel grades production with the lowest cost, highest quality and best productivity. This article provide us the understanding and vision about the main perspectives of the scrap market and about the increasing of scrap consumption in EAF. The most important aspect is the relation between the offer and consumption of scrap. It makes the specialists think about this balance in the future and forces them to improve their operational practices, in order to increase the competitiveness in global market.

Key words: Electric arc furnace; Scrap; Mini-mills.

¹ *Contribuição técnica ao XXXVIII Seminário de Aciaria – Internacional, 20 a 23 de maio de 2007, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

² *Eng.º Mecânico, M.Sc., Gerente da Aciaria da Simara.*

³ *Eng.º Metalúrgico, Consultor Técnico da Chevrand Tecnologia Siderúrgica.*

1 INTRODUÇÃO

A capacidade de otimizar o consumo dos diferentes componentes metálicos utilizados nos Fornos Elétricos a Arco definirá a competitividade das Aciarias elétricas como produtoras de aço.

As matérias-primas referidas acima respondem por cerca de 60 a 70% do custo final do produto da Aciaria, resultando desse modo, fator primordial em um negócio que movimentava milhares de dólares anualmente e cujas características gerais como custo, densidade, forma, qualidade, rendimento metálico, composição química, contaminantes, energia contida e temperatura de fusão determinarão a eficiência da Aciaria.

A experiência dos colaboradores associada aos modelos que permitem otimizar o mix de sucata são fundamentais na avaliação dos diferentes tipos de metálicos empregados no Forno Elétrico a Arco para que os padrões estabelecidos conduzam a uma operação de forma estável e com resultados reprodutivos.

O presente trabalho tem por objetivo transmitir informações fundamentais sobre os diferentes tipos de metálicos utilizados nas Aciarias com foco em Aciaria Elétrica e analisar o cenário internacional e nacional do mercado de sucata a luz das referências bibliográficas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O material utilizado neste trabalho foi um estudo detalhado do cenário de sucata no Brasil e no mundo, utilizando uma revisão bibliográfica dos principais meios de comunicação do mercado de sucata.

Foi feita uma classificação quanto aos tipos de aço e quanto aos componentes metálicos, sendo que, esses foram divididos em sucata, ferro esponja e ferro-gusa, comparados entre si quanto à:

- a) Composição química.
- b) Densidade.
- c) Forma.
- d) Pureza (presença de elementos não metálicos. Ex.: óleos, graxas, borrachas, madeiras, pinturas, recobrimentos, plásticos e terra).
- e) Contaminantes (presença de elementos indesejáveis a certos tipos de aço. Ex.: cobre, estanho, níquel, molibdênio).
- f) Energia contida.
- g) Custo do componente metálico e do desempenho operacional.

3 RESULTADOS

3.1 Classificação e Utilização dos Metálicos

Para efeito da classificação quanto ao tipo de metálicos foi definido os grupos de sucatas abaixo:

- a) Sucata de aço.
- b) Sucata de ferro fundido.
- c) Ferro-gusa.

d) Sucata de ferro-gusa.

e) Pré reduzidos – DRI/HDI (direct reduced iron / hot briquetted iron).

A Tabela 1 apresenta uma comparação da utilização dos diferentes tipos de componentes metálicos utilizados no Forno Elétrico a Arco no mundo.

Tabela 1 – Utilização dos diferentes componentes metálicos (kg/tonelada de aço líquido vazado).⁽¹⁻³⁾

Sucata	Europa	América do Norte	Japão	América Latina	Ocidente	Brasil	Outros
Retorno	229	286	130	166	195	130	175
Comercial	753	651	847	413	707	615	700
Ferro Esponja	8	63	-	437	98	-	183
Ferro Gusa	39	32	62	43	43	330	28
Gusa Líquido	-	-	-	-	2	-	-
Ferro Ligas	58	21	31	25	33	25	15

Analisando a Tabela 1 podemos fazer as seguintes observações:

- I. O ferro-gusa é um componente fundamental na carga dos Fornos Elétricos a Arco no Brasil, com uma participação de 330 kg/t contra valores médios de 43 kg/t no mundo ocidental.
- II. Países importantes como o Japão preferem nitidamente o emprego de sucatas como fonte de ferro.
- III. Dentro do mesmo raciocínio, apenas o Brasil utiliza como prática operacional, o carbono contido no ferro gusa como fonte de energia, enquanto que os demais países utilizam outras fontes de carbono.
- IV. No Brasil, o valor médio de 30% (indicado na Tabela 1) atinge valores de até 50% ou mais, dependendo do mercado de sucata e das necessidades de produção.
- V. No Brasil percentuais de até 60% da carga já foram praticados para a diluição de elementos nocivos como o cobre, cromo e níquel, sem causar nenhum problema operacional no processo de fusão.
- VI. O desenvolvimento da prática de utilização do ferro-gusa como fonte metálica no Brasil, deve-se à carência de sucata no mercado brasileiro, surgindo daí a necessidade do desenvolvimento dessa fonte metálica.
- VII. No Brasil se está preconizando em algumas usinas a utilização de até 30% de ferro-gusa líquido em Fornos Elétricos a Arco.

3.2 Comparação da Densidade

As comparações da densidade dos diferentes componentes metálicos mostram que:

- I. A sucata apresenta diversas densidades aparentes, variando desde 0,3 t/m³ para sucatas leves e não industrializadas até 1,5 t/m³ para sucatas pesadas, sendo que, a densidade da mistura das sucatas dentro do cestão influenciará o

- número de carregamento do forno para uma corrida, afetando diversas variáveis e conseqüentemente o desempenho operacional.
- II. O ferro esponja obtido via redução em processos que utilizam gás natural como fonte de redução apresenta uma densidade entre 2 e 3 t/m³. Isto torna o produto interessante para ser usado em certas quantidades diretamente no cestão de sucata, contribuindo para a redução do número de carregamentos. No entanto, sua utilização direta no cestão está limitada a valores de cerca de 30 % do peso total da carga. Quando quantidades maiores são utilizadas, a única alternativa é o carregamento contínuo, feito pela abóbada do Forno.
 - III. O ferro-gusa possui densidade aparente praticamente constante dentro do cestão, na ordem de 3,5 t/m³. Este valor é importante para que se possa obter mesmo com sucata de baixa densidade um menor número de carregamentos.

3.3 Comparação da Forma

Quando comparamos a forma dos diferentes componentes metálicos, observamos que:

- I. Na sucata existem dimensões limitantes para os FEA's que normalmente variam de 600 a 800 mm, pois, pedaços maiores podem causar cargas altas, obstrução do canal de vazamento e também danificar os painéis refrigerados por impacto e/ou rebote do arco elétrico. Uma outra característica importante da forma está relacionada à transferência de calor. A teoria e a experiência prática mostram que sucatas com as mesmas densidades e mesmos conteúdos de ferro apresentam diferentes consumos específicos de energia para serem fundidas e conseqüentemente diferentes tempos de fusão. Sucatas grossas, pesadas e prensadas, apresentam a tendência de aumentar o consumo específico de energia, enquanto que, picotadas têm boa condução de calor e características de fusão.
- II. Os pré-reduzidos apresentam-se sob três formas básicas: pelotas, briquetados à quente e briquetados à frio.
- III. O ferro-gusa possui dimensões comuns sendo ideal para a carga dos mais diversos tamanhos de Fornos. A forma é tal que, permite um adequado plano de carregamento onde se sabe com certeza a exata posição do ferro-gusa na estratificação da carga dentro do cestão, permitindo a sua correta utilização, facilitando o controle do processo. Uma outra característica importante da forma está relacionada à flexibilidade da distribuição do ferro-gusa na carga do Forno Elétrico a Arco. Testes foram feitos no Brasil distribuindo o ferro-gusa em várias posições do cestão para Fornos acima de 50 t/corrída e com carga de até 60% do mesmo. Os resultados indicam a flexibilidade deste tipo de material, não sendo notado nenhum ponto negativo.

3.4 Comparação da Pureza

A pureza, como dito anteriormente é definida como a ausência de materiais não metálicos e mostrou os seguintes aspectos que são dignos de nota:

- I. Quando se compra sucata, o intuito é adquirir ferro e não constituintes não metálicos como ocorre normalmente. Esses acarretam significativo aumento no

consumo de: energia elétrica, eletrodos, insumos e ocasionam também a redução da produtividade. O custo do ferro contido na sucata é o preço da sucata mais o material não metálico contido e mais ainda, o custo de fusão desse não metálico. Admite-se normalmente que cada 1% de material não metálico acarreta um aumento no custo de 1,5 U\$/t de aço líquido.

- II. No caso do ferro esponja independente do tipo, a composição dos pré-reduzidos depende das características do processo adotado e da composição do minério de ferro e/ou da pelota. Normalmente, possuem de 8 a 12% de óxidos que não são reduzidos durante o processo (FeO , Fe_3O_4 , SiO_2 , Al_2O_3) que são denominados ganga.
- III. O ferro-gusa possui composição química bem definida, contendo como elementos positivos o ferro, carbono, silício e manganês e como elementos negativos, para a maioria dos aços: enxofre e fósforo. Por ser um produto industrializado, o ferro-gusa praticamente não apresenta materiais não metálicos muito comuns nas sucatas.

3.5 Comparação da Qualidade

A comparação da qualidade dos diferentes componentes metálicos neste trabalho é observada quanto à presença de elementos nocivos ao aço e que incorporam ao produto prejudicando sua qualidade, o que desperta para os seguintes aspectos:

- I. Na sucata destaca pela dificuldade da separação e a contaminação do aço com outros metais, como por exemplo: o cobre dos motores faz com que os níveis deste elemento apresente uma tendência de aumento no aço. O dito para o cobre é também válido para outros elementos como o cromo, níquel, molibdênio, estanho, etc. Esses são considerados o principal fator limitante na fabricação de produtos nobres via sucata nos Fornos Elétricos a Arco. Para a solução deste problema, o caminho mais fácil no Brasil tem sido o uso de gusa sólido e a utilização de sucata triturada que em usinas mais modernas utilizam *Shredders* equipados com *Eddy Current* para a separação desses elementos.
- II. O ferro esponja não leva elementos considerados nocivos ao aço.
- III. No ferro-gusa a presença de fósforo e enxofre não pode ser considerada como presença de elementos nocivos, pois, são facilmente eliminados. A ausência de elementos contaminantes como o Cu, Cr, Ni, Mo e Sn permitem que o ferro-gusa seja usado para diluir esses elementos contidos na sucata.

3.6 Comparação da Energia

A comparação da energia contida nos diferentes componentes metálicos demonstra a importância dos elementos capazes de fornecerem energia quando formam um composto. As seguintes observações serão abordadas:

- I. Na sucata, o elemento com maior poder calorífico é o ferro, mesmo em detrimento ao impacto no seu rendimento metálico. Os teores de carbono, silício e manganês, que comumente seriam considerados como fontes de energia importantes, nas sucatas apresentam-se em quantidades insignificantes. Na compra de sucata o Aciarista está comprando ferro, qualquer

constituente não metálico é prejudicial. Paga-se duas vezes pelos não metálicos, a primeira pelo peso deles, a segunda pela energia adicional, pelo eletrodo, pelos cales, pelo carburante e invariavelmente por mais tempo de processamento para fundir e formar escória.

- II. A exemplo da sucata, no ferro esponja o elemento com maior poder calorífico é o ferro. O carbono, quando em percentuais apreciáveis, também vai ser consumido na redução dos óxidos de ferro contidos.
- III. No ferro-gusa, os elementos geradores de calor são de extrema importância na definição do seu valor como energético. O carbono, silício e manganês são considerados como uma fonte de energia importante. A grande importância do ferro-gusa está na sua capacidade própria de gerar energia sem queima de ferro, ou seja, sem afetar o rendimento metálico.

3.7 Comparação dos Custos

Quando se compara sucata observamos que os custos deveriam estar ligados a densidade, forma, qualidade, pureza e a energia contida, mas essa regra não é aplicada efetivamente. A variação dos preços é indubitavelmente em função da oferta e da procura. O fato é que o preço da sucata de uma maneira geral é cíclico e acompanha o mercado siderúrgico. Observe as considerações abaixo:

- I. Na sucata, a quantidade de problemas envolvidos na mensuração dos custos faz com que as variações de preços sejam grandes. O preço equivalente para um determinado tipo de sucata é o preço que alguém pode pagar para ter um mesmo custo do aço líquido sem restrição de densidade e elementos indesejáveis.
- II. O ferro esponja deve ser bem estudado em função da sua qualidade. Os compostos de ferro que permanecem sob a forma de óxidos contribuirão para o aumento do consumo de energia elétrica, para ocorrer a sua redução e conseqüentemente a diminuição da produtividade do Forno. Estudos teóricos feitos pelo IRSID, indicam que cada 1% de oxigênio substituindo 1% de ferro aumenta o consumo de energia elétrica em 49 kWh/t.
- III. No ferro-gusa não se pode levar em conta a sua contribuição em ferro, mas sim outros fatores associados que são básicos na produção do aço. Esses fatores são: densidade, forma, pureza, qualidade de diluição, possibilidade de uso de sucatas menos nobres, valor energético e carbono na forma de Fe_3C .

3.8 Análise do Cenário

No cenário podemos observar que a oferta tem oscilado nos últimos anos entre 370 e 390 milhões de toneladas. Desse volume, aproximadamente 70% provém de coleta de sucata industrial e de obsolescência. O restante é proveniente de geração interna da própria indústria de siderurgia e fundição.^(1,2,4)

As sucatas geradas internamente nas usinas siderúrgicas estão reduzindo de 300 kg/t de aço para 100 kg/t de aço, devido principalmente a transição do Lingotamento Convencional para o Lingotamento Contínuo.⁽⁴⁾

Na década de 70 as siderúrgicas geravam 200 Mt de sucata. Já em 1995 esse volume chegou a 100 Mt. Estudos recentes indicam que este volume chegue a 57 Mt em 2010.⁽⁴⁾

Já a parcela obtida através de demolição de usinas siderúrgicas representa um volume pequeno menor de 4 Mt e tende a reduzir devido à construção de linhas de produção cada vez mais leves e compactas.

Hoje em dia, a sucata proveniente de geração industrial gira em torno de 90 Mt por ano.

A sucata por obsolescência é a mais importante fonte desses metálicos. Estima-se que sua coleta eleve-se a uma taxa de 4% ao ano atingindo um volume de 265 Mt em 2010.^(4,5)

A Tabela 2 apresenta a evolução e a projeção de oferta de sucata.

Tabela 2 – Oferta mundial de sucata – Milhões de toneladas.^(3,4)

Sucata	1995	1997	1998	2000	2010*
Geração Interna	100	98	93	87	57
Bens de Capital	5	4	4	4	3
Geração de Sucata Industrial	92	97	91	100	120
Sucata de Obsolescência	159	175	170	178	265
Total Ofertado	356	374	358	369	445
Total Coletado	251	272	261	278	385

* Estimado

A análise do consumo mostrou que a sucata é utilizada em praticamente todos os processos para a produção de ferro e aço. Porém, seus maiores demandantes são os Fornos Elétricos.

A Tabela 3 apresenta a evolução e a projeção mundial dos consumidores de sucata.

Tabela 3 – Consumo de sucata – Milhões de toneladas.^(3,4)

Sucata	1995	1997	1998	2000	2010*
Fundição de Ferro	38	38	37	35	35
Fundição de Aço	6	7	6	6	6
Alto Forno	3	3	2	3	3
OH (Open Hearth)	27	20	16	10	0
BOF	78	80	80	75	70
EAF	222	245	235	258	346
Total	374	393	376	387	460

* Estimado

É importante salientar que os Fornos OH possuem tecnologia ultrapassada e tendem a serem extintos.

As unidades que ainda permanecem totalizam uma produção de aço de aproximadamente 32 Mt (China, Índia, Rússia e Ucrânia).^(2,4,5)

Para os Fornos BOF o consumo de sucata varia de 100 a 400 kg de sucata / t de aço.

O grande direcionador do consumo mundial de sucata é o Forno Elétrico a Arco, que historicamente, utiliza quase 100% de sucata na carga, representando mais de 60% de todo o consumo mundial de sucata.

Analisando somente o cenário internacional observa-se através dos dados do IISI que o comércio internacional de sucata movimentada 13% do consumo mundial (em torno de 50 Mt). Os fluxos do negócio da sucata são predominantemente intra-regionais.

São 10 países que exportam volumes superiores a 1 Mt de sucata e juntos respondem por 80% do total de sucata transacionada mundialmente entre países.

A Turquia, Espanha, Coreia do Sul e Itália são os países que mais importam. Juntos eles importam em torno de 23 Mt / ano. Os EUA demonstram uma tendência de queda nas exportações, que deve-se confirmar a longo prazo.

Em contrapartida a crescente demanda das *Mini-Mills* por quantidade e qualidade tem elevado a importação do ferro-gusa e DRI/HBI.

Na Ásia podemos destacar o Japão como maior exportador (aproximadamente de 4 Mt), diferentemente dos da Coreia, Taiwan e China que importam sucata.

A Europa ocidental apresenta valores similares de exportação e importação.

Já na parte oriental podemos destacar a Rússia que vem apresentando níveis de exportação crescente (6 Mt/ano) devido o aumento da quantidade de sucata de obsolescência acumulado. Já o cenário no Brasil pode destacar a tradicional preponderância da rota integrada, ainda não fomentou condições para o desenvolvimento de um forte mercado sucateiro independente.^(1,3-5)

O Mercado é caracterizado por baixos níveis de organização e transparência. Os sucateiros em geral são pouco capitalizados e apenas se responsabilizam pela coleta, atuando pouco no beneficiamento / industrialização.

Desde modo os maiores consumidores acabaram desenvolvendo redes de fornecimento e atuam diretamente no beneficiamento garantindo o suprimento necessário.

Confirmando a continuidade das *Mini-Mills*. A maior parte da produção está sendo alavancada por Aciarias Elétricas que crescem na ordem de 4% ao ano devem chegar a 400 Mt/ano que gerará uma necessidade na ordem de 436 Mt/ano de sucata.⁽⁴⁾

4 CONCLUSÕES

O Forno Elétrico a Arco é carregado com diferentes tipos de sucata contendo diferentes formas, composição química, densidade, pureza e qualidade, sendo que a composição de cada tipo de sucata pode variar muito.

Portanto, otimizar o consumo dos diferentes tipos de sucata em função do tipo de aço a ser produzido, do consumo de energia elétrica, carburante, oxigênio,

produtividade e principalmente custos é o grande desafio das Aciarias para se manterem competitivas no mercado.

O mercado de sucateiros no Brasil não deve sofrer mudanças significativas nos próximos anos.

As usinas deverão continuar buscando o desenvolvimento e a eficiência na realização de coleta e beneficiamento da sucata.

O emprego do ferro-gusa deve continuar crescendo pelo seu bom desempenho operacional.

Algumas usinas no Brasil preconizam a utilização do ferro-gusa líquido devido sua pureza química, conteúdo energético e domínio da utilização da tecnologia de injeção de oxigênio nos Fornos Elétricos a Arco.

REFERÊNCIAS

- 1 <http://www.wordsteel.org/news/74>
- 2 http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/iron_&_steel_scrap/
- 3 Chevrand, L. J. S., Bosi, J. F., Martins, T. B., Valle, A. A., Nicácio, P. A. D., Barros, N. M. Aciaria Elétrica, 1989.
- 4 Cunha, J. M. M. M., Filho, J. K., Andrade, M. L. A., Cunha, L. M. S., Gandra, T. G., Ribeiro, C. C. Mercado Mundial de Sucata. Mineração e Metalurgia, nov. 2000.
- 5 <http://www.bndes.gov.br>

BIBLIOGRAFIA

- 1 <http://www.unctad.org/Templates/Page.asp?intItemID=1890&lang=1>
- 2 <http://www.worldsteel.org/?action=lateststeellist>
- 3 <http://www.worldsteeldynamics.com/subscription/The%20Steel%20Strategist/>
- 4 <http://www.newmaterials.com/news/475.asp>
- 5 <http://www.ibs.org.br/estatisticas.asp>