

CARGA METÁLICA¹

Lauro Chevrand²

Resumo

O trabalho mostra a importância de se caracterizar técnica e economicamente as sucatas como componente fundamental da carga de Fornos Elétricos. Usando notas de seus estudos, o autor caracteriza as sucatas de aço quanto a sua origem, conteúdo de impurezas e composição química. O fator custo real da sucata para o Acarista é analisado. Concluímos pela importância de se envolver o abastecimento (Compras de Sucata) com o Acarista usuário final, como forma de reduzir o custo do aço líquido.

Palavra-chave: Rendimento.

METALLIC CHARGE FOR ELECTRIC ARC FURNACE

Abstract

The paper shows technical and economical considerations about the scrap as the main component of the EAF charge. The author makes the use of his own papers and considerations based on the following aspects of the metallic charge: the origin, the contents on harmful elements and non-metallic that affect the steel cost. The Cost is the main issue. As a conclusion, the paper shows how important is to involve the scrap purchaser and the steel makers as a tool to reduce the billet cost.

Key words: Yield; Scrap.

¹ Trabalho apresentado XXXVII Seminário de Aciaria – Internacional, 21 a 24 de maio de 2006, Porto Alegre, RS.

² Membro da ABM – Engenheiro Metalurgista - Consultor

1 INTRODUÇÃO

A fabricação de aço no FEA consiste principalmente na fusão de cargas metálicas visando à obtenção de um produto com a composição química e condições físicas desejadas

O custo dos metálicos representa cerca de 70 % do custo total da produção de aço em lingotes, tarugos, blocos ou placas.

Já que as características químicas e físicas das matérias primas influenciam diretamente o processo do FEA e, portanto o seu custo operacional, a escolha correta das matérias primas é essencial para produzir aço com a qualidade desejada com custo compatível.

2 SUCATA DE AÇO

É a principal fonte de metálicos excluindo os casos de uso do DRI – Ferro Esponja como fonte de ferro os FEAs.

2.1 As Origens da Sucata

2.1.1 Sucata interna

A sucata interna é a gerada no processo de fabricação de aço.

Com a evolução da tecnologia dos processos, representam de 40 a 80 Kg/t (4 a 8 %) de aço líquido produzido na Aciaria.

O valor econômico das sucatas internas é muito alto e deve ser comparado com o preço das melhores sucatas do mercado.

O seu custo é mínimo e a sua composição química é a média do aço produzido na usina.

2.1.2 Sucata interna de recuperação de escórias siderúrgicas

Este tipo de sucata merece destaque pela suas características peculiares: enquanto que as demais Sucatas Internas são de excelentes características e puras, as Sucatas de Recuperação de Escórias são carregadas de partes não metálicas acarretando muitos inconvenientes no seu uso pela necessidade de se gastar energia e insumos fundindo não metálicos, com perdas de produtividade.

2.1.3 Sucata de indústria

O fator gerador de Sucata de Indústria é altamente dependente do desenvolvimento do país.

Desenvolvimento acarreta consumo de aço e maior geração de sucatas.

No entanto, a evolução da tecnologia dos processos de fabricação das peças de aço, reduziu substancialmente a disponibilidade desta sucata em relação ao passado.

No passado recente era de 26 a 30 % em relação a tonelada de aço processado para menos de 10 % nos processos moderno de transformação.

2.1.4 Sucata de obsolescência

Produtos que contém aço feitos pela indústria de processamento têm uma vida limitada; de 50 a 80 anos para uma ponte, algumas semanas para uma lata de conservas e cerca de 15 anos para um carro, no Brasil.

Consumo Aparente de Aço (CAA) é definido como o peso real de artefatos de aço em determinado período (ano calendário).

Assim em 2003 produzimos cerca de 31 milhões de toneladas de aço e consumimos 18 milhões em produtos de aço. É um percentual destes 18 milhões que vão gerar no futuro (média de 15 anos de vida), **a sucata de obsolescência**.

Via de regra, consideramos que o consumo aparente de aço de 15 anos atrás gera uma certa quantidade de sucata. No entanto se, por exemplo, quando os preços da sucata estão baixos a recuperação desta sucata é pequena. Cálculos indicam que a geração no Brasil em 2002 foi de 42 % do consumo aparente de 1987 e será de 58 % ou mais no ano de 2010 em relação ao consumo aparente de aço de 1995, impulsionado pelo preço e carência de sucatas no mercado.

Tecnicamente e de acordo com alguns estudos, 70% do aço usado poderia ser recuperado. Os preços pagos pelas usinas determinam o volume recuperado.

O preço da sucata afeta muito a sua disponibilidade. Estimamos que um aumento de 10 % no preço da sucata aumenta em 8 % a captação de sucata de obsolescência.

O aumento da produção de aços via FEA acarreta uma forte tendência para aumento de preços, com base na oferta e procura.

O transporte é outro fator importante no preço da sucata. Estes custos de transporte entre os pátios de processamento de sucata e a usina somam tipicamente de 10 a 15% do preço original.

2.2 Preços Relativos da Sucata/Qualidade Química/Características Físicas

2.2.1 Preço relativos das sucatas

Definição: O preço equivalente para uma classe de sucata, comparado como uma sucata padrão, é o preço que se pode pagar para ter o mesmo custo de aço líquido sem restrição de densidade e elementos indesejáveis, como se o grau de referência da sucata tivesse sido comprado.

Normalmente o grau de referência é uma sucata de ótima qualidade e bem conhecida, quanto os aspectos de:

- Rendimento metálico – Conteúdo em ferro
- Comportamento na fusão
- Densidade
- Forma física
- Pureza - presença de elementos não metálicos
- Qualidade - presença de elementos nocivos ao aço

Desta maneira, definindo-se bem uma sucata padrão típica de uma usina podemos determinar o valor aproximado das demais mediante uma regra simples. Daí vamos obter um método de valoração da Sucata **sob o ponto de vista do Aciarista**.

O custo do conteúdo de ferro numa carga de sucata é o preço da sucata mais o preço do teor não metálico mais o custo para fundir o não metálico.

Estimamos que o custo adicional de fusão de não metálicos contidos na carga de sucata é de R\$7,00/1% de não metálicos com base em 2005.

Este valor de R\$ 7,00 vem das seguintes considerações:

- Energia adicional para fundir os componentes não metálicos
- Consumo adicional de eletrodos
- Consumo adicional de fundentes
- Aumento do tempo de corrida
- E outros como painéis refrigerados e etc.

Desta maneira, podemos gerar uma regra simples definidora par o valor relativo de cada sucata.

As Tabelas 1, 2 e 3 são demonstrativos deste efeito.

Tabela 1. Custo do aço líquido para sucata de indústria.

CÁLCULO PARA SUCATA DE INDÚSTRIA			
- Preço de mercado no Sucateiro	(a)	600,00	R\$/t
- Custo de transporte e manuseio na usina	(b)	100,00	R\$/t
TOTAL	(c)	700,00	R\$/t
- Rendimento = (sucata/aço líquido)x100	(d)	92%	%
- Oxidos não metálicos	(e)	7%	%
- Materiais voláteis	(f)	1%	%
TOTAL	(g)	100%	
- Custo de fusão de óxidos/t de sucata	(h)	7,00	R\$/1%
- Custo de evaporação de voláteis/ t de sucata	(i)	0,30	R\$/1%
CÁLCULO DO CUSTO DO FERRO			
1	Custo do Ferro Contido = (c)/(d)	760,87	R\$/t
2	Custo de processamento de óxidos = (e) x (h) x 10	49,00	R\$/t
3	Custo de processamento de voláteis = (f) x (i) x 10	0,30	R\$/t
4	CUSTO DE FERRO CONTIDO	810,17	R\$/t
		16	%

Tabela 2. Custo do aço líquido para sucata de cavaco.

CÁLCULO PARA SUCATA DE CAVACO			
- Preço de mercado no Sucateiro	(a)	450,00	R\$/t
- Custo de transporte e manuseio na usina	(b)	100,00	R\$/t
- TOTAL	(c)	550,00	R\$/t
- Rendimento = (sucata/aço líquido)x100	(d)	70%	%
- Oxidos não metálicos	(e)	20%	%
- Materiais voláteis	(f)	5%	%
- TOTAL	(g)	95%	
- Custo de fusão de óxidos/t de sucata	(h)	7,00	R\$/1%
- Custo de evaporação de voláteis/ t de sucata	(i)	0,30	R\$/1%
CÁLCULO DO CUSTO DO FERRO			
1	Custo do Ferro Contido = (c)/(d)	785,71	R\$/t
2	Custo de processamento de óxidos = (e) x (h) x 10	140,00	R\$/t
3	Custo de processamento de voláteis = (f) x (i) x 10	1,50	R\$/t
4	CUSTO DE FERRO CONTIDO	927,21	R\$/t
		68,58	%

Tabela 3. Custo do aço líquido para sucata de pacote misto.

CÁLCULO PARA SUCATA DE PACOTE MISTO			
- Preço de mercado no Sucateiro	(a)	600,00	R\$/t
- Custo de transporte e manuseio na usina	(b)	100,00	R\$/t
- TOTAL	(c)	700,00	R\$/t
- Rendimento = (sucata/aço líquido)x100	(d)	89%	%
- Oxidos não metálicos	(e)	9%	%
- Materiais voláteis	(f)	2%	%
- TOTAL	(g)	100%	
- Custo de fusão de óxidos/t de sucata	(h)	7,00	R\$/1%
- Custo de evaporação de voláteis/ t de sucata	(i)	0,30	R\$/1%
CÁLCULO DO CUSTO DO FERRO			
1	Custo do Ferro Contido = (c)/(d)	786,52	R\$/t
2	Custo de processamento de óxidos = (e) x (h) x 10	63,00	R\$/t
3	Custo de processamento de voláteis = (f) x (i) x 10	0,60	R\$/t
4	CUSTO DE FERRO CONTIDO	850,12	R\$/t
5		21	%

2.2.2 Qualidade da sucata

2.2.2.1 Composição da sucata e elementos residuais

As sucatas levam elementos nocivos ao aço.

Muitos elementos residuais que permanecem no aço podem ter um efeito significativo no processo e nas propriedades do produto final (Tabela 4).

Tabela 4. Influência de contaminantes nas propriedades do aço

#	Elemento/Fonte	Conseqüências para a qualidade
1	Estanho – Sn	O estanho aumenta a fragilidade no trabalho a frio
	O estanho vem de chapas revestidas	
2	Fósforo – P	O fósforo aumenta a fragilidade no trabalho a frio e por causa de efeitos adversos na soldagem dos aços. No entanto, é usado a níveis controlados em chapas de aço de alta resistência.
	O fósforo tem origem nas sucatas de usinagem e no ferro gusa a carvão vegetal	
3	Cobre – Cu	O cobre causa fragilidade a quente provocando trincas superficiais. Em certos caso específicos, o cobre é acrescentado como um elemento de liga para promover níveis de alta resistência à corrosão.
	O cobre surge amplamente de motores elétricos	
#	Elemento/Fonte	Conseqüências para a qualidade
4	Enxofre - S	O enxofre é indesejável quando altos níveis de dutibilidade transversal são exigidos. O S afeta a soldagem. É também elemento de liga importantíssimo na obtenção de aços de corte rápido (aços resulfurados). Os efeitos negativos no processo de soldagem podem ser controlados pelo uso de telúrio, que é capaz de coalescer o MnS.
	O enxofre é encontrado em sucata de usinagem	
5	O Ni, Cr e Mo, surgem na sucata de aços ligados.	O níquel, o cromo e o molibdênio são elementos de liga primários para endurecer os aços, mas têm que ser controlados a níveis baixos em aços usados para conformação a frio, como por exemplo, aços para trefilaria de arames.

2.2.2.2 Características físicas da sucata/Danos nos painéis do FEA

A densidade da sucata determinará quantas cargas são necessárias para a produção de uma corrida.

A moderna prática de produção de aços via FEA, compatibiliza a densidade da sucata com o volume interno do FEA, para obter-se o máximo de duas cargas por corrida.

Um carregamento adicional significa de 3 a 5 minutos no tempo de operação no forno, aumentando o consumo de energia, eletrodos e reduzindo a produtividade.

O custo da perda de tempo do FEA é de aproximadamente U\$1,00 /min/t vazado.

Assim pôr exemplo, para uma perda de 3 min em um FEA de 120 t vamos ter o seguinte:

$$\underline{1 \text{ U\$} \times 3(\text{min/min}) \times 120 \text{ t/t} = \text{U\$ } 360,00 \text{ por corrida.}}$$

O comprimento máximo da sucata para o FEA é da ordem de 1,0 a 1,5 m, para obter-se uma densidade compatível:

Os problemas causados por sucatas fora de dimensões podem ser.

- Uma sucata comprida pode impedir o fechamento da abóbada.
- Chances de perfuração de um painel resfriado a água.

Juntamente com o comprimento da sucata e a **densidade** da mesma, uma outra característica física, importante é a forma a qual diz respeito à transferência de calor. As sucatas fragmentadas (shredded) tem uma boa transferência de calor e boas características de fusão. O uso de sucata fragmentada está se generalizando também no Brasil, com as Usinas tendo seu próprio equipamento de fragmentação.

2.2.2.3 Teor de ferro

Quando os fabricantes de aço compram sucata, eles estão comprando ferro; qualquer constituinte não metálico é extremamente dispendioso porque eles pagam muito dinheiro por ele e também porque, para livrar-se dele, eles devem gastar energia, eletrodos, cal e carbono e sempre o tempo do forno e também ter maior área de rejeitos de processo. A Tabela 5 mostra uma composição típica de sucata.

Tabela 5. Exemplos de qualidade de classes típicas de sucata.

	Densidad e t/m ³	Cu %	Ni+Cr+Mo %	Fe %	t/t Aço Líquido	O2 como FeO
Estruturas	0,7/1,2	0,10/0,20	0,20/0,30	96,3	1,035/1,05	1,4
# 1 HMS	0,7/0,8	0,14/0,28	0,30/0,50	94,4	1,055/1,07	1,6
#2 HMS	0,7/0,8	0,30/0,60	0,30/0,50	89,2	1,100/1,17	2,9
Estamp.	0,5/1,0	0,30/0,18	0,10	97,0	1,035	0,4
Pacote	1,1/1,2	0,03	0,07	97,5	1,020	0,2
Pacote # 1	1,1	0,04	0,10	96,0	-	1,1
Pacote # 2	0,8/1,0	0,45/0,70	0,30/0,50	75,0/86,0	1,140/1,48	5
Shredded	1,0/1,1	0,18/0,30	0,22/0,38	94,7	1,035/1,08	0,8
Cavaco	0,5/0,7	0,22/0,32	0,45/0,75	-	1,300/1,40	-

2.3 Controle de Qualidade de Sucata

Da mesma maneira que se exerce fortes controles e ações nos processos de fabricação do aço mesmo se aplica para as sucatas.

Alguns fatores impedem um bom controle das sucatas:

- Fatores culturais,
- Distanciamento entre compras de sucata
- O próprio nome sucata é pejorativo para um produto tão nobre.
- Dificuldades de se estabelecer padrões.

Os índices de qualidade aplicados a cada carregamento de sucata e as auditorias de qualidade nos pátios de processamento de sucata são dois métodos que devem ser usados para diferenciar os processadores de sucata bons e ruins e ajudar a afastar os não cuidadosos.

2.4 Monitorando a Radiação da Sucata

Devido ao uso sempre crescente de isótopos radioativos na indústria e na medicina, é inevitável que o controle não cuidadoso das fontes resultará de sua incorporação dentro de uma carga de sucata ocasional.

Para evitar qualquer possibilidade de que isto aconteça, é obrigatório usar detectores de radiação para monitorar todas as cargas que chegam de sucata. Isto já é feito na maioria das usinas.

2.5 Grupos de Sucata

É usual a formação de grupos, visando juntar em um mesmo grupo sucatas semelhantes sob os pontos de vista química e físico. Quanto maior o número de grupos de sucata, tanto melhor será a separação e o uso, aumentando-se assim o domínio sobre as variáveis de controle.

É de se observar, no entanto que aços com teores de contaminantes muito baixos, vão exigir a participação crescente de cargas virgens (gusa, DRI) na sua composição.

2.6 Industrialização

Com relação à industrialização de sucata, podemos dividi-la sob dois aspectos, que são:

- Industrialização para transportes.
- Industrialização para rendimento/uso.

2.6.1 Industrialização para transporte

Com o crescente custo do transporte, cada vez fica mais evidente a necessidade de se aumentar a densidade das sucatas a serem transportadas, de modo a se ganhar nos fretes.

2.6.2 Industrialização para rendimento e uso

Existe uma classificação sem fim de tipos de sucatas a serem utilizadas, e com elas, o rendimento metálico de cada uma.

- . Gusa; - . Sucatas pesadas 1, 2 e 3; - . Pacotes chaparia;
- . Pacotes estamparia pura; - . Cavaco de aço; - . Cavaco de ferro fundido;
- . etc;

Normalmente, os rendimentos destes tipos de sucata são determinados através de experiências realizadas com uma sucata de rendimento previamente determinado (gusa) e uma grande percentagem de sucata a ser determinada. Após um número significativo de corridas, se obtêm o rendimento a ser programado.

2.6.3 Industrialização para transporte/uso

A finalidade básica da industrialização é o da redução do custo do transporte, e como mecanismo de industrialização temos:

- 1) Peneiramento fixos - 2) Peneiramento vibratórios - 3) Lavagens
- 4) Separação manual - 5) Processamento em planta magnética
- 6) Empacotamento - 7) Etc

2.6.4 Estratificação de sucata nos cestões

Este é um dos pontos de extrema importância na produtividade de um FEA, que está sob responsabilidade do Pátio de Sucata.

Para isto, precisamos conhecer as densidades dos tipos de sucata empregado, e volume dos cestos e do Forno Elétrico.

A tabela VI mostra um exemplo do arranjo físico dos cestões de sucata.

É importante salientar, que devido à construção física, e o método de abertura dos diferentes tipos de cestos existentes, esta configuração pode ficar bem diferente. Os pontos principais a serem considerados na estratificação de uma carga são:

- Conhecer o tipo de cesto
- As sucatas de grande densidade, e de grandes dimensões devem ser usadas no fundo do cestão.
- Tomar cuidado para não cair sucatas muito densas na região da porta de escória, o que dificultaria e atrasaria a utilização do oxigênio.
- Não colocar pacotes e tão pouco sucatas de grande volume na parte superior do forno/cesto, pois podem deslocar e quebrar eletrodos.
- Tomar cuidado com a utilização de retorno de laminação em forma de bobinas, pois podem causar efeito “mola” no ato da abertura dos cestos, e com isso provocar “cargas altas”.
- Para as Aciarias que trabalham com colocação de cal nos cestos, evitar:
 - Colocar cal no fundo da 1ª cesta, pois poderá elevar o nível da soleira do forno.
 - Colocação de cal junto com o cavaco, pois cria uma massa de difícil fusão, com forte possibilidade de aderência nas paredes e fervura, quando fica no fundo.
- Fechar os cestos com sucata de fácil penetração dos eletrodos, com intuito de proteger a abóbada ou miolo refratário;

Tabela 6. Composição de cargas metálicas em função da qualidade do aço

TIPO	Qualidade I			Qualidade II			Qualidade III		
	MIN. %	MAX. %	OBJ %	MIN. %	MAX. %	OBJ %	MIN. %	MAX. %	OBJ %
GUSA	-	-	20	-	-	20	-	-	16
FoFo	-	-	-	-	-	-	-	15	06
Pes. Ind	11	15	13	02	04	03	-	-	-
Tesourada	22	38	30	20	40	30	20	40	30
Miúda	05	13	08	12	22	15	20	30	23
Estamp.	02	06	04	02	06	04	-	-	-
Pacote I	04	08	06	-	-	-	-	-	-
Pacote II	05	13	08	12	18	14	08	16	13
Cavaco	-	-	-	-	03	02	02	05	03
Recup.	02	06	03	03	05	04	04	08	06
Retorno	05	11	08	07	11	08	02	06	03
			100			100			100

3 CONTROLES DE EMBARQUE E ACEITAÇÃO DE SUCATA

FORMULÁRIO DE EMBARQUE DE SUCATA			
Fornecedor			
# do Pedido		Data do Embarque	----/----/----
Local de Embarque		Transportador	
Grau Embarcado		Peso embarcado	
Placa do Caminhão		Número do Vagão	
Placa do Reboque			
FORMULÁRIO DE ACEITAÇÃO DE SUCATA			
Peso Recebido		Data	
Grau Recebido		Grau Recusado	
Grau em Litígio			
Materiais Perigosos	Código		
	Código		
	Código		
		%	Peso
Impurezas avaliadas	Sujeira		
	Cobre		
	Estanho		
	Galvanizados		
	Excesso de Ferrugem		
	Galvanizados		
	Outros		
	TOTAL		
QUALIDADE GLOBAL DO CARREGAMENTO			
Item	Código	Motivo	
Rejeitado	0		
Abaixo do Grau	1		
Aprovado com Restrições	2		
Penalizado	3		
Apropriado	4		
Excelente	5		
Nome do Inspetor		Código do Inspetor	

4 CONCLUSÕES

- O controle total da Sucata é uma ferramenta fundamental que o Aciarista dispõe para a evolução da produtividade de uma Aciaria
- Envolver a equipe de compras de metálicos como parte de ações de aumento da produtividade da Aciaria é uma tarefa gerencial importante do Aciarista.
- O aumento da produção de aço via FEA e o aumento do consumo de sucatas compradas no LD acarretam uma escassez relativa do produto, aumentando seu preço e afetando o resultado de custo da aciaria.

BIBLIOGRAFIA

CHEVRAND, J.L.S. **Aciaria elétrica**. São Paulo : ABM, 2003. (Programa de educação continuada)