

ASPECTOS TÉCNICOS DA UTILIZAÇÃO DA CAREPA GERADA EM PROCESSOS SIDERÚRGICOS E TRATADA POR DESAGREGAÇÃO ULTRA-SÔNICA

Adriano Ferreira da Cunha ¹

Gerson de Araújo Filho ²

Álvaro Martins Júnior ²

Olídio Carlos Blanc Gomes ²

Paulo Santos Assis ³

Resumo

A siderurgia brasileira tem uma geração média de resíduos de 700kg por tonelada de aço produzido. A recuperação dos teores metálicos contidos nesses resíduos passou a ser muito importante tanto quanto aos limites impostos pelas legislações ambientais, como do ponto de vista econômico, visto que substituem matérias-primas empregadas no processo. Carepa é um produto oriundo da oxidação da superfície do aço quando submetido ao gradiente térmico ou simples ação do tempo. Uma planta piloto foi instalada na ETE-III da VMB, onde foi gerada a carepa limpa para os testes na própria empresa. A técnica por DUS mostrou que este material é de fácil processamento e que eleva o seu valor agregado, substituindo com eficácia a utilização da carepa nas operações de refino.

Palavras-chave: Carepa; Sucata; Desagregador ultrassônico; Refino.

TECHNICAL ASPECTS OF THE USE OF SCALE MILL TREATED BY ULTRA-SOUND PROCESS

Abstract

The Brazilian ironmaking has a waste average generation of 700kg per ton of produced steel. Recuperation of metallic contents presented in these wastes came to be very important either concerned to the limits obliged by the environmental legislation or by the economical point of view, inasmuch as they replace raw-materials employed in process. Mill scale is a product from the oxidation of steel when it is submitted to the thermal gradient or just action of weather. One pilot plant was installed in the VMB's ETE-III, where was produced the cleaned mill scale for testing on the own company. The technique of USD showed this material is of easy processing and that it enhances its aggregated value, replacing with efficiency the use of scrap in refining operations.

Key words: Mill scale; Scrap; Ultra-sound disaggregation; Refining.

1 INTRODUÇÃO

Infelizmente os resíduos industriais ainda são frequentemente dispostos em aterros, em contato direto com o solo, ou em recipientes com os quais não dão garantia de proteção perene contra vazamentos. Algumas áreas destinadas a estes resíduos já estão bastante comprometidas e em algumas empresas têm ocorrido acidentes nestes depósitos, gerando impactos ambientais, paradas operacionais e até perdas fatais. As legislações ambientais estão a cada dia mais rigorosas, o que vem forçando as empresas a dar destinos mais seguros aos seus resíduos.

Em 2000, a produção anual de aço bruto no mundo foi de 780 milhões de toneladas. Tal volume de produção foi responsável pela geração de aproximadamente 30 milhões de toneladas de

resíduos recicláveis. No Brasil, onde a produção de aço anual foi de 25 milhões de toneladas, foram gerados cerca de 1,2 milhões. Os principais resíduos recicláveis numa usina siderúrgica integrada são: pós da sinterização, pós e lamas de alto-forno, lamas de aciaria, carepas de lingotamento contínuo, carepas de escarfaagem, lamas de laminação e os finos de coque.⁽¹⁾ A recuperação dos teores metálicos contidos nestes resíduos passou a ser muito importante tanto quanto aos limites impostos pelas legislações ambientais, como do ponto de vista econômico visto que, substituem, em parte, matérias-primas geralmente empregadas no processo.

¹ *Químico Industrial e Mestre em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP*

² *Engenheiro Metalurgista e Mestre em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP*

³ *Professor Titular do Departamento de Engenharia Metalúrgica da Universidade Federal de Ouro Preto – UFOPe da Rede Temática em Engenharia de Materiais – REDEMAT*

Assim, encontrar alternativas tecnológicas para destinação desses resíduos vem sendo uma das prioridades das empresas. A meta é aumentar a média de reciclagem de resíduos do setor.

1.1 Resíduos Siderúrgicos

A siderurgia brasileira tem uma geração média de resíduos de 700kg por tonelada de aço produzido. Cerca de 50% desses resíduos são escórias de alto-forno e aciaria e a outra metade engloba os finos, pós, lamas, borras e refratários. A Tabela 1, informa a quantidade estimada dos principais resíduos siderúrgicos.

1.2 Sucata

Com a tendência das siderúrgicas buscarem o aumento de produtividade sem aumentar suas áreas de redução, as empresas têm aumentado a carga sólida nas aciarias. Muitas empresas estão optando por aciarias elétricas com eliminação de unidades de redução, por questões de custo e restrições ambientais, tornando imperativo desenvolver materiais que possam suprir estas aciarias.⁽²⁾

Na Europa e EUA, a tendência é de desativar as áreas de reduções por questões de custos e restrições ambientais, aumentando a compra de semi-acabados, placas, blocos, tarugos e pães de gusa dos países em desenvolvimento, ampliando a produção de suas aciarias elétricas a partir de sucata.⁽³⁾ Este quadro implicará na elevação do preço de sucata e produtos semi-acabados, portanto todo o esforço no melhor aproveitamento de resíduos que possam vir a gerar sucata alternativa, será de enorme valia na questão econômica. (Figura 1)

1.3 Carepa

É um produto oriundo da oxidação da superfície do aço quando passa por aquecimento, resfriamento, tratamento de superfície e/ou ação do tempo (oxidação lenta sobre a superfície). As carepas são óxidos de ferro na forma de Fe^{2+} (FeO – wustita) e Fe^{3+} (Fe_2O_3 – hematita). Em algumas empresas este produto, quando bem selecionado, pode ser consumido na sinterização em substituição aos minérios de ferro, mas tem restrição por elevar o teor de FeO do sinter, o que é ruim ao alto-forno devido à sua menor redutibilidade.⁽⁴⁾ No trabalho da British Steel Company – BSC é informado, que carepas com teores de óleo e graxa superiores a 1,0% devem ser evitadas

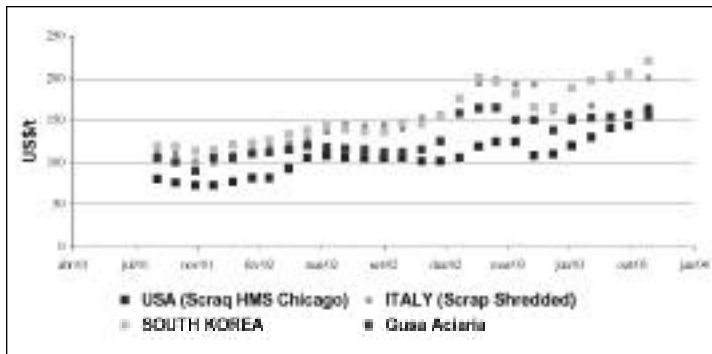
Tabela 1. Dados estimados da geração de resíduos siderúrgicos.⁽¹⁾

	Mundo		Brasil
	kg/t gusa ou aço	Milhões t/ano	Milhões t/ano
Recicláveis	43	30	1,2
Poeira de alto-forno	1 a 2 (***)	0,5 a 1,0	0,2 a 0,04
Lama de alto-forno	< 1 (***)	~ 0,2	~ 0,001
Poeira de sinterização	15	7	0,3
Finos de coque	-	-	-
Lama grossa do conversor	5-6	2,5	0,1
Lama fina do conversor	17	8	0,34
Carepas	10-20	7	0,3
Poeira aciaria elétrica	15	4,6	0,07
Escória alto-forno	150 a 350 (300)	140	6,0
Escória conversor	100	47 (*)	2,0 (**)
Escória lingotamento contínuo	30-35	17 (*)	0,7 (**)
Escória aciaria elétrica	15	5 (*)	0,075

(*) 60% aço por conversor e 40% por aciaria elétrica

(**) 80 e 20% respectivamente

(***) Pós e lamas p/ produção de gusa =16,9 kg/t e para aciaria = 16 kg/t



Fonte: CRU STEELMETALLICS MONITOR

Figura 1. Evolução de preços da sucata e gusa.

na sinterização, que é o principal consumidor deste resíduo. Tal motivo está na sobrecarga de materiais voláteis contidos nos óleos e graxas, os quais provocam explosões nos precipitadores eletrostáticos.⁽⁵⁾

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A carepa oleosa, composta de carepa grossa e de lama oleosa é oriunda da laminação e do lingotamento contínuo. O material passa por uma etapa de ciclonagem para a separação da carepa grossa, sendo o descarte da fração fina com óleo e água enviada para a estação de tratamento de efluentes. Nesta estação tem-se o processo de separação em tanques espessadores e decantadores, gerando a lama oleosa, que também é uma mistura de carepa fina, óleo e água.

Na Figura 2 é mostrada que a carepa grossa e a lama oleosa são estocadas em pátios devidamente preparados com sistema de impermeabilização de solo. A carepa grossa, às vezes, consegue mercado e a lama oleosa tem sido enviada para empresas que co-processam, mas que cobram pelo serviço.

O produto obtido do beneficiamento por Desagregação Ultra-Sônica-DUS⁽⁶⁾ é limpo e permite que a carepa possa ser consumida em aciaria, o que eleva seu valor agregado uma vez que estará reduzindo a compra de sucata. Por estar acondicionada em tambores, ela tem característica de sucata pesada, mas, como as partículas têm elevadas superfícies específicas, passa a ter



Figura 2. Carepa oleosa (à esquerda) e lama oleosa (à direita) nos depósitos de resíduos industriais da VMB.

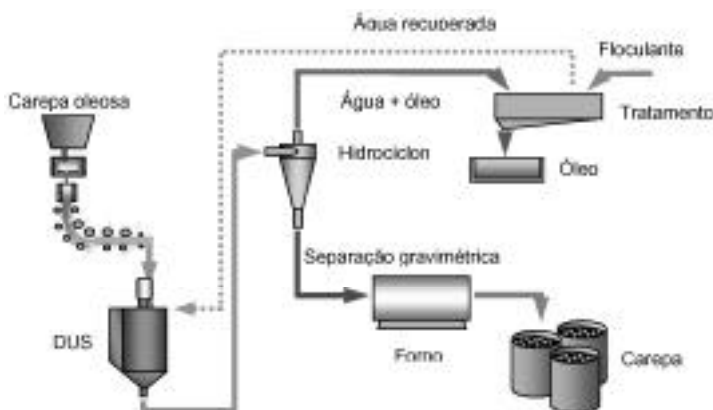


Figura 3. Fluxo do beneficiamento da carepa pelo processo DUS.⁽⁶⁾

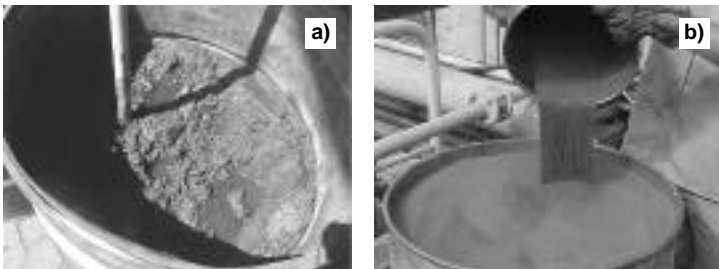


Figura 4. Lama oleosa antes e depois do processo.



Figura 5. a) Carepa tratada e armazenada em tambores que serão enviados para a aciaria da VMB. b) Carregamento de sucata no conversor LD da VMB.

característica de sucata leve. O processo DUS, tem a finalidade de desagregar as partículas para se fazer a sua separação gravimétrica para posterior secagem e armazenamento, favorecendo seu consumo. Tem-se, na Figura 3, a forma ilustrativa simplificada do referido processo de beneficiamento da carepa.

Uma planta piloto foi instalada na ETE-III da VMB, onde foi gerada a carepa limpa para os teste na aciaria da própria empresa. O material depois da saída do sistema de separação por DUS, passa por um secador rotativo para retirada de qualquer umidade existente, podendo ainda perder algum volátil residual existente. Esta secagem é feita em temperaturas superiores à 250° C, compatibilizando o tempo de residência com a umidade final objetivada e capacidade produtiva. O tipo de combustível utilizado para a queima neste sistema foi o gás natural. Na Figura 4 são mostradas as fotos da borra oleosa e da carepa tratada ao final do processo.

A escolha pelo uso de tambores para o acondicionamento da carepa, representado pela Figura 5, foi a forma pela qual poderia oferecer garantia à integridade do material contra absorção de umidade, melhor estocagem na aciaria, e melhor controle na sua dosagem para o LD. Os tambores carregados apresentaram pesos entre 520-540kg/tambor e o seu manuseio compreendeu desde a sua saída do sistema de separação por DUS (Figura 3), até o carregamento do conversor da VMB (Figura 5).

A carepa é então enviada para a aciaria em tambores, sendo carregada na canaleta (caçamba), a qual é usada para carregamento de cargas sólidas no conversor. Após o carregamento das sucatas, é feito o carregamento do gusa através da panela pelicano e portanto, a carepa segue o processo normal de carregamento de um conversor LD, conforme mostrado pela Figura 5, onde o processo refino é então conduzido da mesma forma, ou seja, com os sopros e adições.

De modo geral, a quantidade de sucata gerada na usina é inferior ao consumo no processo LD, uma vez que tem-se buscado melhorar os rendimentos de produção que, conseqüentemente, geram menos sucatas. Assim, a aquisição de sucata externa e o emprego de outros agentes refrigerantes se mostram, como uma necessidade do processo, sendo requerido o controle criterioso na seleção e emprego desses materiais.⁽⁷⁾

Diversos fatores influenciam na composição da carga de sucata dos convertedores LD. O mais importante deles é a disponibilidade de gusa líquido que, aliado a sua composição e

temperatura, determina a porcentagem de sucata deve ser carregada no forno.⁽⁸⁾ No entanto, no que se diz respeito a carepa, pode-se ter uma vantagem financeira e ambiental em relação sucata. A sucata, devido a sua escassez, mostra-se como matéria-prima cara e de difícil aquisição no mercado atual, enquanto que a carepa está estocada em pátio de rejeito de usinas sem uma definição certa quanto ao seu destino.

3 RESULTADOS

Atualmente, a produção do aço via LD atinge mais de 550 milhões de toneladas anuais, correspondendo cerca de 60% da produção mundial de aço líquido. Tal processo mostrou sua importância na transformação do gusa líquido em aço de forma econômica e produtiva.

A seqüência de reações de oxidação no processo LD depende de fatores termodinâmicos e cinéticos. As equações de energia livre, disponíveis na literatura para as várias reações de oxidação, permitem determinar a atividade do oxigênio no metal em equilíbrio com as concentrações dos solutos. Para isso é preciso o conhecimento das atividades dos elementos no banho.⁽⁹⁾

A imediata oxidação do fósforo é explicada pela rápida dissolução da cal na escória. Com referência ao afastamento das condições de equilíbrio do carbono, deve-se procurar a explicação na cinética de reação. Os fatores cinéticos podem operar de tal modo que o início da primeira reação termodinamicamente possível seja retardado. Ou, a taxa da reação é tal, que o oxigênio é fornecido ao metal numa taxa superior à de consumo e então, atinge-se um ponto em que o segundo elemento começa a se oxidar. Se a segunda reação é favorecida pela cinética, este segundo elemento pode ser oxidado total ou parcialmente, enquanto que a primeira reação mal começou.⁽¹⁰⁾

REFERÊNCIAS

- 1 TAKANO, C.; DEODORO, J. T. C.; NASCIMENTO, R. C.; MOURÃO, M. B.; LENZ, G.; MARTINS, D. S. A reciclagem de resíduos siderúrgicos sólidos. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE REUSO/RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS, 2000, São Paulo. São Paulo: Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000.
- 2 SOARES, R.C. Aços planos em alta: entrevista. *Revista Metalurgia & Materiais*, São Paulo, v. 55, n. 491, p. 426-428, set. 1999.
- 3 SOARES, C.A.W. Mercado de minério de ferro: perspectivas e desafios. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MINÉRIO DE FERRO, 3., 2001, Ouro Preto, MG, 2001.
- 4 PENIDO, J. N.; HARANO, E. L.; SILVA, M. C. Consumo de rejeitos industriais em uma sinterização. *Revista Metalurgia & Materiais*, São Paulo, v. 50, n. 429, p. 512-521, maio 1994.

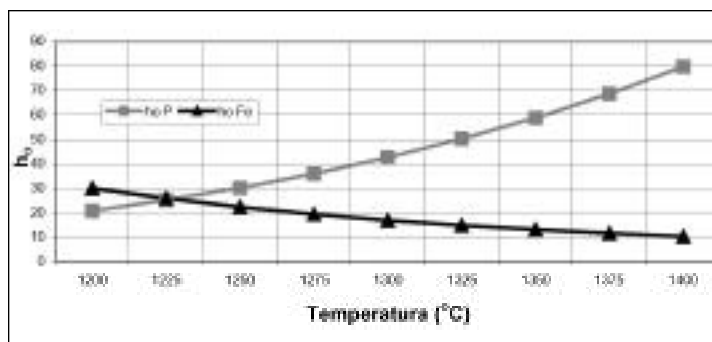


Figura 6. Gráfico da atividade do oxigênio dissolvido em equilíbrio com o fósforo e o ferro, em função da temperatura.

4 DISCUSSÃO

Em teste realizado na aciaria da Usiminas, com a implantação de sopro combinado para acompanhamento do carbono de fim de sopro e redução do silício e fósforo, foi desenvolvido um modelo matemático de sopro, baseando-se na análise da escória e aço durante o sopro, conjugada com a temperatura e demonstrada na Figura 6.⁽¹¹⁾

O gráfico mostra as curvas de atividade henriana do oxigênio em função da temperatura para as reações com o ferro e o fósforo. Nota-se neste ensaio que há um ponto de intercessão entre estas curvas na temperatura de 1225°C, mostrando que as atividades henrianas são próximas de 25 de acordo com o modelamento.

5 CONCLUSÃO

A técnica por Desagregação Ultra-Sônica, mostrou que este material é de fácil processamento e que eleva o seu valor agregado, substituindo com eficácia a utilização da carepa nas operações de refino.

Agradecimentos

REDEMAT, CNPq, VMB, Fundação Gorceux.

- 5 AUMÔNIER, J.; JUCKES, L.M.; TRAICE, F. B. British Steel Public Limited Company. In: SEMINÁRIO SOBRE PROCESSAMENTO, UTILIZAÇÃO E DESCARTE DE RESÍDUOS NA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA, 1996, Balatonszépplak, Hungria. [s.n.t.]
- 6 SOUZA, E. L.; OLIVEIRA, C. P.; GOMES, J. E. L.; ARAÚJO, F. G. S. *Estudo e desenvolvimento de um processo de tratamento de resíduos siderúrgicos através da técnica de desagregador ultra-sônico*. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais) – Rede Temática em Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Ouro Preto, 2003.
- 7 ETRUSCO, G. S. P. *Aciaria LD*. São Paulo: ABM, 1992.
- 8 OLIVEIRA, C. A.; CARDOSO, C. R. O.; VIEIRA, S. R.. Otimização do carregamento na aciaria. In: CONGRESSO ANUAL DAABM, 35., 1980, São Paulo. *Anais...* São Paulo: ABM, 1980.
- 9 LÚCIO, A. *Físico-química metalúrgica*. Belo Horizonte: UFMG, 1965. 4v.
- 10 LÚCIO, A. *Físico-química do processo LD*. Belo Horizonte: UFMG, 1965.
- 11 FARIA, M. A. A.; VIANA, J. F.; PEREIRA, M. A. Análise das reações de refino e formação de escória em convertedores. *Revista Metalurgia & Materiais*, v. 46, n. 424, p. 1016-1028, dez. 1993.

Recebido em: 21/12/2004

Aceito em: 22/11/2006

Proveniente de: SEMINÁRIO DE FUSÃO, REFINO E SOLIDIFICAÇÃO DOS METAIS - INTERNACIONAL, 36., 2005, Vitória. São Paulo: ABM, 2005.