

INTERBLOCKS: AGLOMERAÇÃO A FRIO¹

José Márcio Matta Machado Paixão²
Sinclair Bonnemassou³

Resumo

O objetivo deste trabalho é fornecer informações sobre a tecnologia de aglomeração a frio da Interferro, aplicada aos finos gerados pelas indústrias de mineração e metalurgia. Estes finos contêm elementos metálicos e carbonosos com substancial valor na produção do ferro e do aço. Os finos são classificados e agrupados de modo a otimizar a recuperação de metálicos e redutores, de acordo com seu uso. Em seguida, são aglomerados, transformando-se em blocos (INTERBLOCKS) para serem utilizados como insumos em alto-fornos, conversores, fornos elétricos ou cubilots. Após mais de 12 anos de pesquisas em laboratórios e unidades piloto, a Interferro vem operando, desde março de 2003, uma unidade industrial em Sete Lagoas. Esta unidade vem produzindo INTERBLOCKS a partir dos finos gerados por produtores independentes de ferro gusa, empresas de mineração, siderúrgicas integradas, produtores de ferro-ligas e demais empresas ligadas à siderurgia que manuseiam finos. Adicionalmente à recuperação dos valores intrínsecos contidos nos finos, com eficiente aproveitamento metalúrgico, as empresas se beneficiam da redução, ou muitas vezes da eliminação, dos problemas ambientais relacionados. Nos últimos 3 anos foram produzidos e utilizados mais de 25 tipos de INTERBLOCKS, requisitados por mineradoras, siderúrgicas e fundições. Como resultado, 3 novas unidades de aglomeração estão com start-up previsto para 2006.

Palavras-chave: Aglomeração; Finos; Reciclagem

INTERBLOCKS: COLD BONDED AGGLOMERATING PROCESS

Abstract

This paper provides information on Interferro's cold bonded agglomerating process, conceived to recycle fine materials generated by mining and metallurgic industries. Most of such by-products bear valuable metal and carbon contents, although generated quality and quantity vary from plant to plant. The fines are classified and agglomerated with specific binders and additives, forming INTERBLOCKS that are charged onto blast-furnaces, converters, electric-arc or cubilot furnaces. Since March 2003, following more than 12 years of laboratory and pilot plant researches, Interferro has being operating an industrial plant at Sete Lagoas, MG. At this plant, Interferro produces INTERBLOCKS from a great variety of fine materials generated by pig iron producers, mining companies, steelmakers, ferroalloy plants, foundries, and other metallurgic companies. More than 25 different qualities of INTERBLOCKS have being used in the iron and steel making processes. As a result of the efficient metallurgic performance of the INTERBLOCKS, three new producing plants are under construction, spreading the use of Interferro's technology.

Key words: Agglomeration; Residues; Recycling

¹ Contribuição técnica apresentada na 61º Congresso Anual da ABM, de 24 a 27 de julho de 2006, Rio de Janeiro – RJ

² Interferro Industrial – Diretor de Tecnologia e Operações

³ Interferro Industrial – Diretor Comercial e Financeiro

INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é fornecer informações sobre a tecnologia de aglomeração a frio da Interferro, aplicada aos finos gerados pelas indústrias de mineração e metalurgia (1).

A tecnologia de aglomeração a frio da Interferro Industrial foi desenvolvida para atender a indústria minero-metalúrgica.

A utilização do processo resulta na diminuição do impacto ambiental, enquanto recupera valores contidos na maioria dos finos com teores de metálicos e de carbono.

O princípio do processo é a utilização de ligantes e aditivos não deletérios aos processos metalúrgicos, adicionados a uma mistura de finos e processados em um equipamento especificamente projetado. São então obtidos blocos de forma pré-determinada, nomeados INTERBLOCKS.⁽²⁾

Existem soluções individualizadas para cada empresa, devido à grande variação na qualidade dos finos gerados. É realizado um intenso trabalho de pesquisa em laboratório e na unidade industrial, antes da apresentação dos resultados e alternativas.

Atualmente, mais de cem diferentes tipos de finos já foram convertidos em INTERBLOCKS e utilizados em altos-fornos, conversores, fornos elétricos e fornos Cubilot.

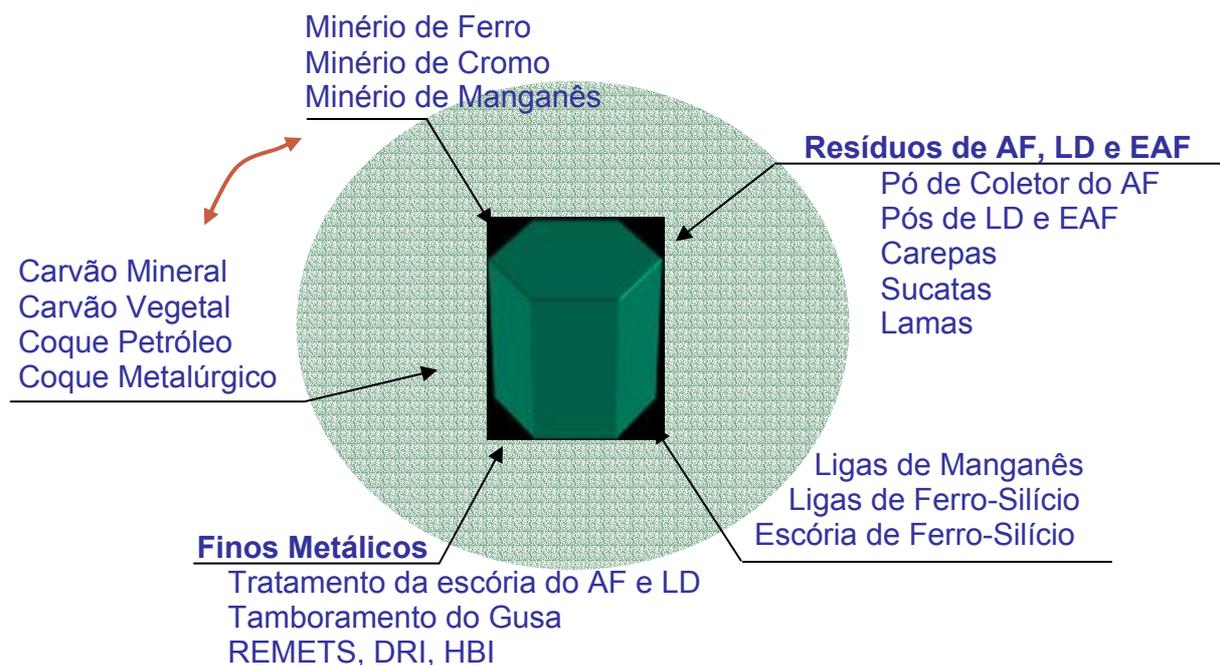


Figura 1. Exemplos de finos siderúrgicos já convertidos em INTERBLOCKS

EXEMPLOS DE UTILIZAÇÃO DE INTERBLOCKS

Produtores de Ferro Gusa Independentes

Ensaio industrial em produtor de ferro gusa

Monitoramento de aproximadamente 1.150 t de resíduos convertidos em Interblocks. A proporção da mistura destes resíduos foi baseada na quantidade base seca gerada pela siderúrgica.

Tabela 1. Característica dos resíduos

Finos	Base seca %	Base natural %	Geração t/mês (2)	Geração t/mês (3)	Umidade%	Densidade kg/m ³
Carvão vegetal	21,8	23,0	411	470	12,5	408
Minério de ferro	66,9	64,0	1.262	1.305	3,3	2.480
Pó de balão (1)	7,9	8,1	149	166	10,2	664
Lama (1)	3,4	4,9	64	99	35,2	1.430
Mistura	100	100	1.886	2.040	8,2	1.050

(1) Pó e lama retidos pelo sistema de despeiramento

(2) Base seca

(3) Base natural

Tabela 2. Composição química dos Interblocks

Interblocks	CF	Fe	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	Umidade
Base natural (%)	15	39	0.9	5.2	6.1	7.5

A forma dos Interblocks foi de um prisma hexagonal com 65 mm entre faces e 65 mm de altura. O teor de CF nos Interblocks foi menor que o esperado devido ao baixo teor apresentado nos finos de carvão, principalmente na faixa abaixo de 2 mm. Os Interblocks foram alimentados em um alto forno de 119 m³.

Foram observados índices técnicos específicos e de desempenho no período de dez semanas imediatamente antes da utilização dos Interblocks e nove semanas durante a utilização dos Interblocks.

Tabela 3. Taxas médias semanais de carregamento dos Interblocks

Semanas	Taxa (kg/carga) *	
11	06/Jun a 12/Jun	50
12	13/Jun a 19/Jun	50
13	20/Jun a 26/Jun	75
14	27/Jun a 03/Jul	100
15	04/Jul a 10/Jul	100
16	11/Jul a 17/Jul	125
17	18/Jul a 24/Jul	125
18	25/Jul a 31/Jul	50
19	01/Ago a 08/Ago	50

* Cargas diárias totais: 240

- ⊕ O desempenho dos interblocks foi avaliado pela média semanal do consumo de carbono fixo e de Fe.
- ⊕ O consumo médio semanal de Interblocks foi de 127 t, durante 9 semanas, com consumo variando entre 3,1 % e 7,7 % da carga metálica.
- ⊕ Os resultados apresentados a seguir foram obtidos a partir dos relatórios de supervisão

Tabela 4. Resultados apontados - Médias e desvios

		Carvão kg/t gusa	CF kg /t gusa	Minério kg/t gusa	Fe kg /t gusa	Fe Rec.	CF/Fe no gusa	Produção t gusa/ semana
Sem Interblock	Média Semanas 1 a 10	636,0	391,2	1.466,6	989,9	95,0%	0,42	1.858
	Desvio padrão Semanas 1 a 10	24,3	12,1	44,2	29,8	2,9%	0,01	56
Com Interblock	Média Semanas 11 a 19	594,7	370,4	1.405,1	948,5	99,1%	0,39	1.875
	Desvio padrão Semanas 11 a 19	11,7	5,3	14,5	9,8	1,0%	0,01	57,96
	Diferença entre as médias	-41,3	-20,8	-61,4	-41,4	4,08%	-0,02	17,0

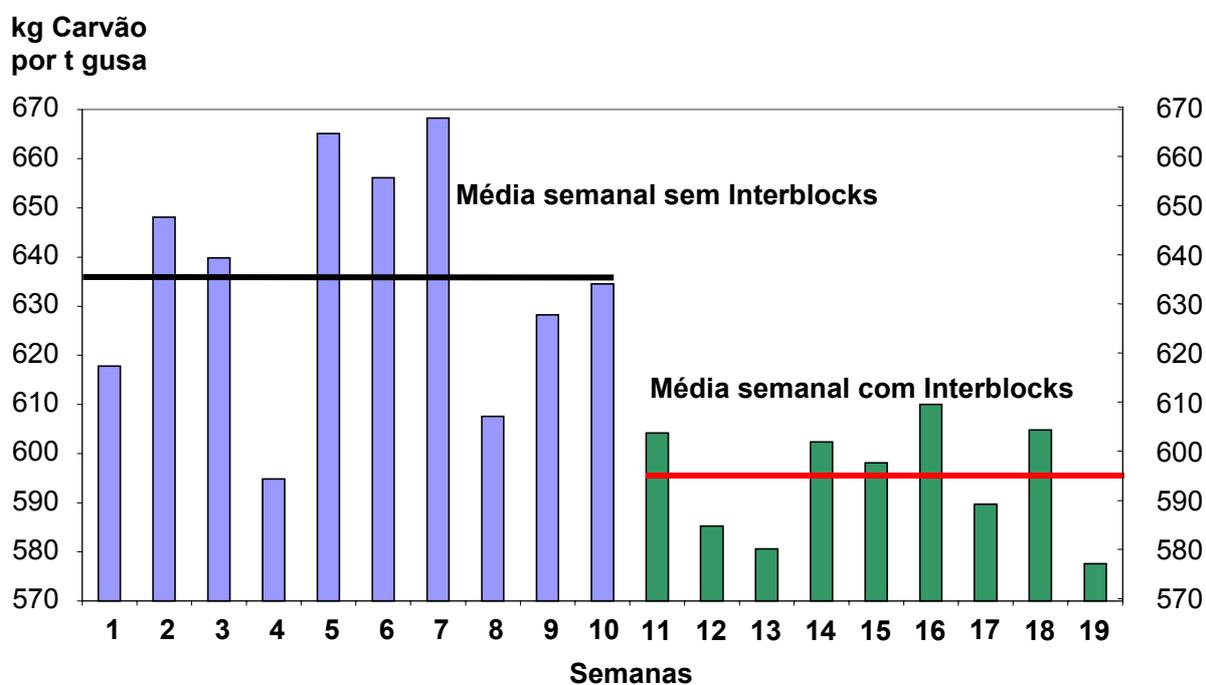


Figura 2. Consumo de carvão por tonelada de gusa produzida

Foi notado, durante a utilização dos Interblocks, a redução do consumo específico de carbono fixo por tonelada de gusa. Esta redução foi maior que a quantidade de CF contido nos Interblocks.

Tabela 5. Diferença entre as médias dos consumos de carbono fixo na produção de gusa durante a utilização dos Interblocks e sem sua utilização. Quantidade de CF contido nos Interblocks por t de gusa produzido.

Semanas	Diferença entre as médias de consumo de CF (kg / t gusa com e sem Interblocks)	kg CF contido nos Interblocks por t gusa
11	-18,32	3,64
12	-22,53	6,22
13	-28,83	8,16
14	-20,23	11,60
15	-17,71	13,15
16	-13,35	15,25
17	-24,77	16,10
18	-14,65	11,91
19	-26,96	6,15

kg de minério de ferro por t gusa

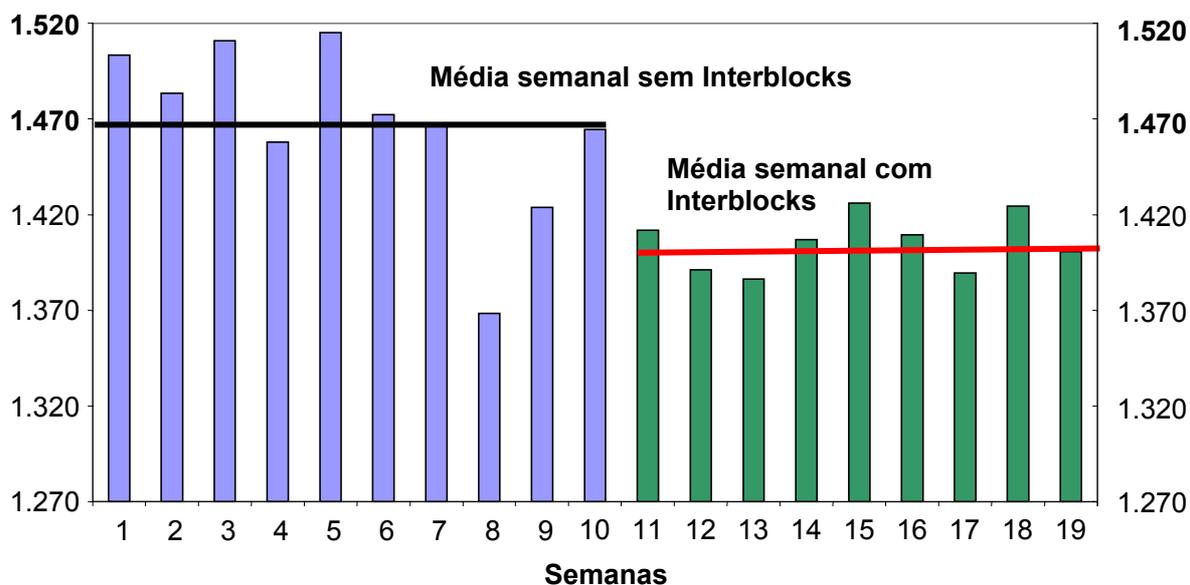


Figura 3. Consumo de minério de ferro por tonelada de gusa produzida

A mesma tendência do CF foi observada com relação a redução do Fe requerido por t de gusa, quando da utilização dos Interblocks. Exceção foi apontada nas médias das semanas 16 e 18.

Tabela 6. Diferença entre as médias dos consumos de Fe na produção de gusa durante a utilização dos Interblocks e sem sua utilização. Quantidade de Fe contido nos Interblocks por t de gusa produzido.

Semanas	Diferença entre as médias de consumo de Fe (kg / t gusa com e sem Interblocks)	kg Fe contido nos Interblocks por t gusa
11	-36,91	9,46
12	-50,88	16,17
13	-54,21	21,21
14	-40,28	30,17
15	-27,38	34,18
16	-38,57	39,66
17	-52,02	41,87
18	-28,49	30,97
19	-44,51	15,99

Vantagens reportadas na utilização destes Interblocks:

- ▶ Aumento semanal de 16,6 t na produção de gusa.
- ▶ Redução do consumo específico de carvão, com economia média de 350 m3 por semana.
 $(41,32 \text{ kg CF} / \text{t gusa}) \times (1.858 \text{ t gusa} / \text{semana}) = 76,77 \text{ t}$
 $76,77 \text{ t} / 0,22 = \text{aprox. } 350 \text{ m}^3$
- ▶ Redução do consumo específico de minério de ferro, com economia média de 114 t por semana.
 $(61,44 \text{ kg minério} / \text{t gusa}) \times (1.858 \text{ t gusa} / \text{semana}) = \text{aprox. } 114 \text{ t}$
- ▶ Após a conclusão deste acompanhamento, a utilização dos Interblocks neste forno alcançou 260 kg / carga, com uso adicional de Interblocks de finos de FeSi75, durante a fabricação de gusa de fundição.
- ▶ Melhorias no desempenho e economias adicionais podem ser alcançadas com o ajuste da quantidade de fundentes. A adição de calcáreo deverá ser reduzida devido a basicidade dos Interblocks (1,2), com subsequente redução do CF necessário.
- ▶ Da mesma maneira, os Interblocks podem ser química e fisicamente otimizados.

Produção Contínua

Em Sete Lagoas os INTERBLOCKS vem sendo utilizados como carga de alto forno desde 1998. O início desta produção foi concebido a partir de uma unidade piloto, com produção de até 15 t/dia de aglomerados de finos de minério de ferro, misturados com fundentes peneirados no mesmo equipamento. Os ensaios industriais com esta matéria-prima mostraram que os INTERBLOCKS não causavam nenhum tipo de problema metalúrgico dentro do forno, diferente da maioria dos aglomerados a frio testados ao longo dos anos na indústria siderúrgica.

Em seguida foram produzidos INTERBLOCKS a partir de moinha de carvão pura. Estes INTERBLOCKS foram enforados e apresentaram um bom resultado metalúrgico, sem causar nenhum tipo de transtorno na operação do reator.

Devido ao grande impacto ambiental causado pelos finos sólidos gerados pela indústria siderúrgica, foi desenvolvido um INTERBLOCK a partir da mistura de todos estes finos. Este INTERBLOCK passou a compor a carga do enforamento com até 250 kg/carga.

Outras vantagens na utilização desses INTERBLOCKS são:

- Pouca variação na sua qualidade química, inclusive quanto à umidade, que se situa entre 3% e 8%, independente da umidade dos finos;
- Propriedades metalúrgicas pré-determinadas e estáveis (densidade, tamanho e forma física, permeabilidade, redutibilidade, RDI e resistência ao manuseio), contribuindo para uma estabilidade do forno.

Produtores de gusa de fundição

Mensalmente são produzidas cerca de 500 t por mês de INTERBLOCKS de escória de FeSi. Estes INTERBLOCKS tem sido enforados por diversos produtores de gusa de fundição para acerto de faixa de Si, em substituição à escória granulada.

Siderúrgicas Integradas

Duas grandes siderúrgicas integradas brasileiras estão em fase de avaliação comercial do uso de INTERBLOCKS, com o objetivo de se instalar unidades para produção de centenas de toneladas.

Dois casos estão sendo estudados:

- 1- Aglomeração de finos de minério e carepa, produzindo INTERBLOCK com características metalúrgicas adequadas ao consumo em grandes altos-fornos. Os finos de minérios utilizados serão a fração mais fina que atualmente é direcionada para a sinterização, prejudicando a sua operação e qualidade do sinter, enquanto a carepa rejeitada pela siderúrgica vem a aumentar o teor de metálicos do INTERBLOCK. Tem sido observado em várias unidades de sinterização a utilização de finos gerados nas siderúrgicas, inclusive as frações mais finas de minério e redutores. Este fato vem prejudicando a qualidade do sinter e conseqüentemente a eficiência da produção de gusa. A flexibilidade da tecnologia dos INTERBLOCKS, na utilização eficiente de finos sem requisitos granulométricos, tem possibilitado às siderúrgicas considerar a produção de um sinter de melhor qualidade.
- 2- Aglomerados de finos sólidos, gerados nas diversas etapas da fabricação do aço, similar aos casos descritos acima, incluindo os finos gerados pela aciaria.

Ferro Ligas

Entre 2004 e 2006 foram enforadas de cerca de 5000 t de INTERBLOCKS a partir de uma mistura de finos de minério de manganês e finos de coque de petróleo. Estes foram utilizados em fornos elétricos, durante a produção de ligas de manganês representando até 50% da carga. Igualmente, finos de ferro-manganês também foram reciclados como INTERBLOCKS nestes mesmos fornos.

Os ótimos rendimentos obtidos com o uso dos INTERBLOCKS resultaram na montagem de uma primeira linha industrial, totalmente automatizada, objetivando:

- produção de 70000 toneladas por ano de INTERBLOCKS;
- utilização de vários finos metálicos;
- aglomeração de vários tipos de redutores;
- aglomeração de vários resíduos como pós e lamas.

Fundição

A Interferro avaliou e produziu diversas amostras industriais de INTERBLOCKS para as indústrias de fundição (finos de coque de petróleo ou metalúrgico e finos de minério de ferro com carvão), que já são produtos disponíveis no mercado.

Características Metalúrgicas Típicas dos INTERBLOCKS

Tabela 7. Características típicas dos Interblocks

Ensaio	Min Fe	Min Fe + CF	Resíduos
<u>Queda</u> <u>ISO > 10 mm</u>	<u>> 98%</u>	<u>> 95%</u>	<u>> 93%</u>
<u>Tamboramento</u> <u>ISO > 6,35 mm</u>	<u>> 75%</u>	<u>> 65%</u>	<u>> 60%</u>
<u>RDI*</u> <u>ISO < 2,83 mm</u>	<u>12% a 25%</u>	<u>15% a 30%</u>	<u>16% a 35%</u>
<u>Crepitação</u>	- 0-	- 0-	- 0-
<u>RI ** ISO</u>	<u>> 70%</u>	<u>> 80%</u>	<u>> 80%</u>
<u>Compressão</u> <u>Kgf/cm²</u>	<u>> 250</u>	<u>> 80</u>	<u>> 80</u>

* Reduction Disintegration Index

** Reduction Index

REFERÊNCIAS

- 1 PAIXÃO, J. M. M. M.; BONNEMASOU, S. Aglomeração a Frio: Interblocks. 59° Congresso Anual da ABM, p. 32 -41, 2004, em São Paulo – SP
- 2 PAIXÃO, J. M. M. M.; BONNEMASOU, S. Cold Agglomerating Technology: Interblocks. Simpósio Internacional ABM 2004, v. 2, p. 781 – 788, 2004 em Vitória – ES