

# ANÁLISE DE DESEMPENHO DO AGLOMERANTE ORGÂNICO COMPARADO AO DA BENTONITA SÓDICA E DA BENTONITA SÓDICA SUPERATIVADA NA PRODUÇÃO DE PELOTA DE REDUÇÃO DIRETA<sup>1</sup>

*Frederico Valadares de Andrade Resende<sup>2</sup>*

*João Júlio Tolentino<sup>3</sup>*

*Luiz Alexandre de Martin<sup>4</sup>*

*Valter Gomes do Nascimento<sup>5</sup>*

*William Wagner Dettoni Regattieri<sup>6</sup>*

## **Resumo**

Este trabalho refere-se à análise de desempenho do aglomerante orgânico em comparação a bentonita sódica e a bentonita sódica superativada, na produção de pelotas de redução direta. Quando comparamos o aglomerante orgânico com as bentonitas de referência, o primeiro apresentou uma capacidade de aglomeração superior em baixas dosagens e redução da ganga ácida (sílica e alumina) no produto final, incremento na margem da empresa, otimização da segurança (redução de estoque e manuseio) e flexibilização de fornecimento de minério.

**Palavras-chave:** Pelotas de minério de ferro; Processo redução direta; Aglomerante orgânico.

## **PERFORMANCE ANALYSIS OF ORGANIC BINDER COMPARED TO THE SODIUM BENTONITE AND THE OVERACTIVATED SODIUM BENTONITE IN THE PRODUCTION OF DIRECT REDUCTION PELLET**

### **Abstract**

This work refers to the performance analysis of organic binder compared to the sodium bentonite and the overactivated sodium bentonite in the production of direct reduction pellets. When comparing organic binder with reference bentonite, the first showed a higher binding capacity at lower dosages and reduction of acid gangue (silica and alumina) in the final product, increase in the margin of the company, security optimization (reduction of inventory and handling) and flexible supply of iron ore.

**Key words:** Iron ore pellets; Direct reduction process; Organic binder.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 43º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 14º Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 1º Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 1 a 4 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

<sup>2</sup> *Engenheiro Metalurgista, Unidade Técnica das Usinas I a IV, DIPE, Brasil.*

<sup>3</sup> *Engenheiro Metalurgista, Gerência de Desenvolvimento de Insumos, DIPE, Brasil.*

<sup>4</sup> *Técnico Especializado de Produção, Unidade Técnica das Usinas I a IV, DIPE, Brasil.*

<sup>5</sup> *Analista Operacional, Unidade Técnica das Usinas I a IV, DIPE, Brasil.*

<sup>6</sup> *Técnico Especializado de Produção, Unidade Técnica das Usinas I a IV, DIPE, Brasil.*

# 1 INTRODUÇÃO

Existem variáveis no processo de pelletização que merecem atenção especial: tipo de minério a ser utilizado e escolha de insumos. O tipo de minério é definido de acordo com o produto a ser produzido e a oferta disponível; o insumo depende da qualidade que se deseja obter no produto final considerando a qualidade deste insumo, logística de transporte, armazenamento e custo.

O aglomerante é um desses insumos usados na pelletização e também é de grande importância. Ele é adicionado na etapa de mistura e dentre suas características, confere resistência à pelota crua para que a mesma suporte as quedas até a entrada do forno.

Existem diferentes tipos de aglomerantes empregados no processo de pelletização, mas atualmente o mais utilizado é a bentonita sódica. Apesar do baixo custo do produto ela tem como pontos negativos:

- problemas de armazenamento devido à quantidade de bentonita dosada por tonelada de minério ser elevada; e
- incorporação de ganga ácida ( $\text{SiO}_2$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), prejudicial principalmente no produto destinado à redução direta.

Como uma alternativa para o problema da ganga gerada nas pelotas tem-se os aglomerantes orgânicos. Esse tipo de aglomerante não incorpora ganga ácida a pelota, a quantidade dosada na etapa da mistura é menor (evitando o problema com estocagem) e otimização da segurança (devido baixa dosagem no processo além de menor necessidade de estoque de material, o manuseio de bags também diminui).

Outra opção de novos tipos de aglomerante é a Bentonita Sódica Superativada, que também confere menor agregação de ganga ácida ao produto final.

O fluxograma do processo de pelletização pode ser avaliado na Figura 1.

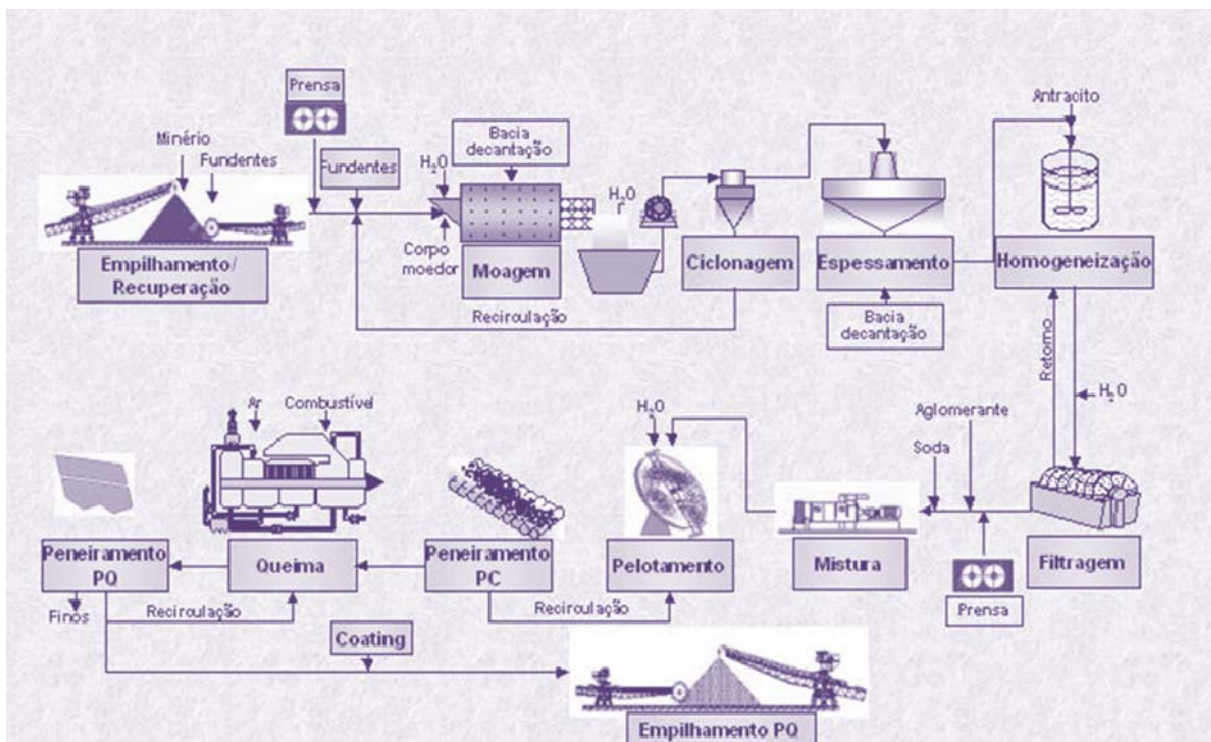


Figura 1. Fluxograma do processo de pelletização de minério de ferro.

## 2 DESENVOLVIMENTO

A produção com o aglomerante orgânico iniciou no dia 12/10/2012 na Usina Vale 2 com objetivos principais de redução de ganga ácida ( $\text{SiO}_2$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) e elevação do teor de ferro na pelota, proporcionando maior competitividade da PRD no mercado.

Os mixes da Diretoria de Pelotização são compostos de minérios de ferro de várias origens localizados nos Complexos Mariana, Itabira e Minas Centrais.

Os minérios de ferro podem ser agrupados em três grandes grupos:

1. Hematitas: formação ferrífera composta predominantemente por hematita e subordinadamente por magnetita e goethita, com estrutura maciça, bandada ou foliada. Quanto à gênese podem ser dividida em dois tipos: i) corpos de alto teor que podem ser encontrados em até grandes profundidades e que tem sua origem relacionada com enriquecimento metassomático/hidrotermal dos itabiritos; ii) corpos formados por intensa lixiviação supergênica de itabiritos (carbonáticos ou silicosos), concentrando os óxidos e hidróxidos de ferro próximo à superfície;
2. Itabiritos enriquecidos: formação ferrífera bandada, metamórfica, constituída essencialmente por quartzo e hematita e subordinadamente por goethita, magnetita e carbonatos; e
3. Coberturas detriticas (cangas e rolados): formações superficiais constituídas por blocos de hematita e itabiritos, soltos ou cimentados por goethita.

METASSOMÁTICOS	SUPERGÊNICOS
↻ Alto grau de metamorfismo ↻ Crescimento e achatamento dos cristais	↻ Baixo grau de metamorfismo ↻ Enriquecimento por intemperismo
↻ Minérios Compactos ↻ Tamanhos de cristais de fino (0,01-0,04 mm) a grosso (0,22 mm) ↻ Coloração azulada	↻ Minérios Porosos ↻ Tamanhos de cristais de muito fino (<0,01mm) a fino (0,01-0,04 mm) ↻ Coloração marrom
↻ Pouco hidratados ↻ Baixos teores de deletérios	↻ Muito hidratados ↻ Altos teores de deletérios
↻ Alta crepitação (granulados) ↻ Baixa redutibilidade	↻ Baixa crepitação (granulados) ↻ Alta redutibilidade
↻ Baixa moabilidade ↻ Fácil filtragem	↻ Alta moabilidade ↻ Difícil filtragem

Figura 2. Diferença entre estas duas classificações: Metassomáticos e Supergênicos.

De acordo com a classificação da gênese do minério de ferro, os minérios oriundos do Complexo Mariana podem ser considerados como supergênicos, o que pode ser confirmado através de suas características, tais como, moabilidade alta, hidratado e poroso devido a grande participação de goethita e magnetita. Enquanto que os do Complexo Minas Centro e Itabira podem ser classificados como metassomáticos, apresentam mais de 96% de hematita compacta (Figura 3).

Os minérios hematíticos brasileiros apresentam estruturas internas muito variadas, devido às diferentes condições de metamorfismo, tectonismo e intemperismo a que foram submetidos, ou mesmo, em virtude de sua gênese. Desta forma, originaram-se minérios com diferentes constituintes mineralógicos, trama, tamanho e morfologia dos cristais, tamanho e morfologia dos poros, porosidade, forma e superfícies das partículas e etc.



**Figura 3.** Mapa esquemático dos Complexos Itabira, Minas Centrais, Mariana e Minas Oeste.

O aglomerante orgânico é composto quimicamente por uma cadeia longa de carbono que tem a característica de carrear os microfinos para o interior da pelota. Esses microfinos preenchem os interstícios da pelota expelindo a umidade para a superfície levando a um aspecto falso de umidade elevada. Outro ponto de melhoria é em relação ao acabamento superficial, onde ocorre a diminuição da geração de pelotas com deformações superficiais.

A bentonita sódica superativada foi aplicada na usina Hispanobras com produção de pelotas “standard” para redução direta.

O relatório abaixo evidenciará os resultados de processo, qualidade química e física com aplicação do aglomerante orgânico, bentonita sódica e bentonita sódica superativada.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 1 e 2 apresentam os resultados das análises estatísticas realizadas para verificar o desempenho do aglomerante orgânico comparando-a com os dados obtidos durante a aplicação da bentonita sódica e da bentonita sódica superativada.

**Tabela 1.** Resultados comparativos de caracterização entre o aglomerante orgânico e a bentonita sódica

BENTONITAS		Aglomerante Orgânico	BT. Sódica	Diferença
$\Delta$ SiO <sub>2</sub> (%)	Média	0,04	0,22	-0,18
SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> PQ (%)	Média	1,49	1,70	-0,21
Resistência PV (kgf/pel)	Média	0,94	0,96	-0,02
Resistência PV - Seca (kgf/pel)	Média	2,34	3,48	-1,14
Umidade PV (%)	Média	8,69	8,91	-0,22
Trincas (%)	Média	8,42	10,29	-1,87
Nº Quedas (und)	Média	4,84	4,77	0,07

**Tabela 2.** Resultados comparativos de caracterização entre o aglomerante orgânico e a bentonita sódica superativada

BENTONITAS		Aglomerante Orgânico	BT Superativada	Diferença
$\Delta$ SiO <sub>2</sub> (%)	Média	0,04	0,15	-0,11
SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> PQ (%)	Média	1,49	1,53	-0,04
Resistência PV (kgf/pel)	Média	0,94	1,11	-0,17
Resistência PV - Seca (kgf/pel)	Média	2,34	3,27	-0,93
Umidade PV (%)	Média	8,69	8,47	0,22
Trincas (%)	Média	8,42	8,13	0,29
Nº Quedas (und)	Média	4,84	8,00	-3,16

Os dados extraídos da caracterização das pelotas produzidas com a aplicação do aglomerante orgânico resultam em valores de média similares aos apresentados para as pelotas caracterizadas com a aplicação das bentonitas sódica e sódica superativada. A única característica que apresentou valores diferentes foi em relação à resistência da pelota seca, aonde foi constatada uma redução considerável. Essa característica se deve à seguinte explicação, segundo Kurt Meyer:<sup>(1)</sup>

“Durante a secagem da pelota enquanto a água evapora o aglomerante orgânico inicia um processo de queima e normalmente desaparece antes da temperatura alcançar 300°C. Dessa forma esses aglomerantes contribuem apenas para a resistência física das pelotas cruas, não tendo nenhuma contribuição com a resistência física das pelotas queimadas”.

O aglomerante orgânico apresenta menor resistência da pelota verde a quedas repetidas, em comparação a bentonita sódica superativada, devido à superativação deste aglomerante pela incorporação de íons de sódio, elemento este responsável diretamente pela ligação de água na área intermediária entre os leitos que compõem o arranjo da estrutura do retículo cristalino.<sup>(1)</sup>

Em relação à composição química do produto final, a aplicação do aglomerante orgânico apresentou uma fundamental característica à pelota. Em análise estatística, a incorporação de sílica apresentou uma redução considerável, diferença em 0,18 e 0,11 pontos percentuais do delta de sílica para a bentonita sódica e bentonita sódica superativada respectivamente proporcionaram uma redução considerável de incorporação da ganga no produto final.

Em relação a ganga ácida (SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), a aplicação do aglomerante orgânico apresentou redução comparativamente as bentonitas sódicas e bentonitas sódica superativada. Diferença em 0,21 e 0,04 pontos percentuais respectivamente.

Para o uso de bentonita sódica no processo de produção de pelota para redução direta manuseia-se cerca de 60 bags/dia, enquanto que com o uso de aglomerante orgânico esse manuseio é cerca de 9 bags/dia. Essa significativa redução de manuseio diário minimiza a exposição do operador ao risco (segurança operacional), pois para abastecimento dos silos de aglomerantes, o manuseio da carga é feito via talha e os bags são suspensos cerca de 7 metros de altura.

Também com relação à segurança, como a dosagem de aglomerante orgânico é reduzida em relação à bentonita sódica (0,45 kg/t e 6,5 kg/t, aglomerante orgânico e bentonita sódica respectivamente), a área necessária para estocagem dos bags também diminui melhorando assim a organização dos galpões de estocagem (5S).

## **4 CONCLUSÃO**

A aplicação do aglomerante orgânico na produção PRD atendeu os objetivos determinados neste projeto com redução significativa do teor sílica (0,18 e 0,11 pontos percentuais para a bentonita sódica e bentonita sódica superativada) e conseqüentemente no teor de ganga ácida total (0,21 e 0,04 pontos percentuais para a bentonita sódica e bentonita sódica superativada).

Estes redução de ganga ácida eleva a pelota PRD no ranking de competitividade, definido pelo CTF, da 12<sup>a</sup> para a 3<sup>a</sup> posição. Os ganhos na qualidade química da pelota proporcionaram aumentos significativos na competitividade no mercado de PRD.

Os resultados de qualidade física na produção de PRD com uso do aglomerante orgânico foram os mesmos com o uso das bentonitas sódica e sódica superativada e atendendo aos limites e especificações do produto final.

## **REFERÊNCIAS**

- 1 MEYER, K. Pelletizing of Iron Ores. Springer-Verlag, Berlin, 1980.