

MOAGEM DA BENTONITA A GRANEL NA USINA DE PELOTIZAÇÃO DE SÃO LUÍS ¹

*Clayton Francis dos Santos Nonato*²
*Gilmar Lucas Pereira*²
*Liliane Durans de Moraes*²
*Milka Pereira Pinto*²
*Simona Chiara Rodrigues Oliveira*²

Resumo

A Usina de Pelotização de São Luís (U1N) utiliza bentonita como aglomerante para produção de pelotas. Originalmente esta bentonita importada era adquirida em *bags* da Índia. A usina possui um moinho de rolos com disponibilidade física para moer este insumo adicional. A viabilidade desta moagem implicou na redução de custo de aquisição, além de outras vantagens como a eliminação das atividades operacionais de recebimento, manuseio e abastecimento, redução do efetivo operacional e das perdas proveniente desta tarefa. Além da vantagem financeira e operacional a bentonita moída na U1N possibilitou ganhos de superfície específica, aumento da fração granulométrica menor que 0,045 mm e redução da umidade do insumo, fatores que aumentam o poder de aglomeração do insumo e também uma redução de aproximadamente 5% do consumo específico.

Palavras-chave: Moinho de rolos; Bentonita; Pelota.

GRINDING OF BULK BENTONITE AT SÃO LUIZ PELLETIZING PLANT

Abstract

Pelletizing Plant of São Luís (U1N) uses bentonite as binder in order to produce iron ore pellets. Originally this imported bentonite was acquired in bags from India. The plant has a roller mill with physical availability to grind this additional raw material. The viability of this grinding process implied in the reduction of acquisition cost, beyond other advantages as the elimination of the operational activities during the process of receiving, handling and supplying, reduction of the operational cash and the losses along with this task. Furthermore the financial and operational advantages in grinding bentonite at U1N made possible improvements of specific surface, increase of the minus 0,045 mm grain size fraction, reduction of the moisture, increase power of agglomeration and finally make possible reduction of 5% of the specific consumption.

Key words: Roller mill; Bentonite; Pellet.

1

Contribuição técnica ao VIII Seminário Brasileiro de Minério de Ferro, 18 a 21 de setembro de 2007, Salvador - BA, Brasil.

2

Departamento de Pelotização, CVRD – DIPE

INTRODUÇÃO

Aglomerantes para pelotização

Bentonita: é o tipo de aglomerante mais utilizado atualmente nas usinas de pelotização. Trata-se de um material argiloso, tendo como principal mineral a montmorillonita, além de pequenas quantidades de quartzo, mica, feldspato e caulim. Possui estrutura lamelar com grande capacidade de retenção de moléculas de água entre as camadas. Possui teor de sílica próximo de 50% e de alumina próximo de 18%, carregando esta composição (ganga ácida) como seu maior demérito devido a sua incorporação à qualidade final da pelota. A dosagem típica varia em torno de 5 kg/t pelota queimada.

Cal Hidratada: É o produto da hidratação da cal virgem recebida (CaO), obtida via calcinação de calcário (CaCO₃) em fornos verticais, rotativos ou de leito fluidizado (T > 900°C). Durante a hidratação da cal ocorrem uma reação exotérmica: Hidratação da cal: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$ (exotérmica). O produto possui alta superfície específica (12.000 cm²/g), elevado teor de CaO (74%) e elevado perda por calcinação (PPC). A dosagem típica é de 2,5% ou 25 kg/t mistura. Além de aglomerante atua também como fonte de CaO.

Aglomerante orgânicos: Compostos poliméricos (longas cadeias de carbono, alto peso molecular) cujo grande mérito em relação aos anteriores é não incorporar contaminantes às pelotas, pois são decompostos durante tratamento térmico. Os principais tipos comerciais são o PERIDUR (CMC), ALCOTAC (PAM) e CARBINDER (HEC). A dosagem típica está em torno de 0,035-0,060% ou 0,35-0,60kg/t mistura. Embora a dosagem seja baixa, o custo unitário ainda é elevado.

OBJETIVO

Avaliar a performance da produção de pelotas na U1N com a utilização de bentonita moída da unidade de moagem de aditivos.

DESCRIÇÃO DO PROCESSO

Pelotização de Minério de Ferro

É um processo de aglomeração de finos de minério de ferro via processamento térmico a elevadas temperaturas (1300-1350°C), possibilitando aproveitamento econômico da fração de partículas ultrafinas (< 0,150 mm) gerada nas minas, cuja destinação final anterior era a segregação nas bacias de rejeito, além de possibilitar agregação de valor da carga metálica dos altos fornos e reatores de redução direta através do ajuste da qualidade química e física durante o processo de aglomeração das pelotas.

O fluxograma abaixo lista as principais etapas do processo de aglomeração via pelotização de minério de ferro:

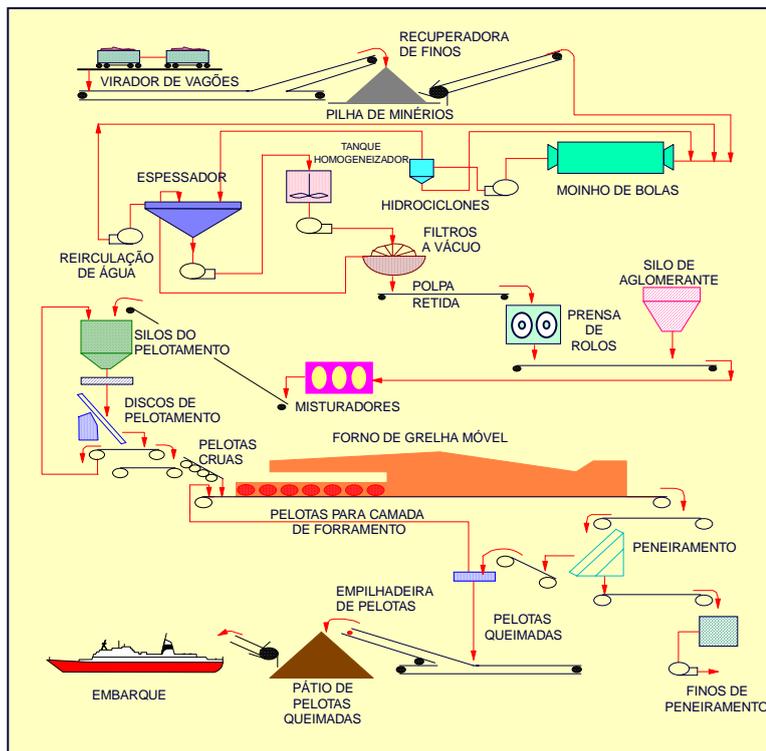


Figura 1: Descrição do processo de pelotização.

- Empilhamento e Homogeneização:** Minimizar flutuação das propriedades das diversas matérias-primas através do empilhamento, normalmente pelo método chevron, em pátios com capacidade média de 50.000 t (minério de ferro), antes da recuperação para alimentação das instalações das usinas. Os principais parâmetros controlados são: qualidade química (SiO_2 , Al_2O_3 , P), índice de moabilidade, superfície específica e faixa granulométrica de alimentação, umidade e gêneses dos minérios.
- Moagem e Classificação:** Ocorre o ajuste das propriedades físicas da mistura de minérios às exigências do pelotamento. As principais propriedades controladas são granulometria menor que 0,045 mm (70-90%) e superfície específica (1750 – 1950 cm^2/g). Os principais moinhos utilizados em pelotização são do tipo tubular a úmido com hidrociclones em circuito fechado com a utilização de bolas ou cypbebs como corpo moedor. Esta etapa do processo é uma das mais onerosas em virtude do grande consumo energético.
- Filtragem:** Requerida nas plantas com circuito de moagem a úmido. Utilizam discos rotativos a vácuo que operam com ciclos de formação, secagem e descarga da polpa retida com umidade variando entre 8 a 10%. Além da umidade é controlado também o desvio médio desta grandeza, que indica a estabilidade do processo e afeta diretamente a produtividade dos discos de pelotamento.
- Mistura:** Os misturadores são considerados itens críticos de manutenção já que sua disponibilidade física impacta diretamente no rendimento operacional das usinas. É uma etapa crítica em virtude da baixa dosagem de aglomerantes. Importância de boa eficiência de mistura para garantia da qualidade das pelotas cruas e redução dos desvios-padrão dos parâmetros de qualidade. Ganhos de eficiência de mistura podem implicar em reduções expressivas no consumo específico de aglomerantes.

- **Pelotamento:** Etapa de formação de pelotas cruas com tamanho-granulometria média e resistência mecânica adequados à etapa de processamento térmico. O princípio do processo é baseado na ação de forças capilares no sistema partículas de minério-água-ar. Os fatores críticos para a produtividade do processo são a umidade da mistura, granulometria-superfície específica, gênese dos minérios, tipo e quantidade de aglomerante além dos fatores ligados ao equipamento e condições operacionais do mesmo (manutenção dos raspadores, posicionamento do mesmo, camada de fundo etc.).
- **Queima:** O tratamento térmico serve para conferir as pelotas alta resistência mecânica e propriedades metalúrgicas adequadas ao uso nos reatores de redução direta. A principais etapas desta área do processo são descritas na tabela abaixo:

Tabela 1: Etapas do processo de queima

ETAPA	T (°C)	FENÔMENO
Secagem	300-350	• Remoção parcial da água
Pré-Queima	600-900	• Remoção da água de cristalização • Evitar choque térmico
Queima	1300-1350	• Consolidação das reações entre ferro e escória
Pós-Queima	900-1000	• Homogeneização de Calor
Resfriamento	80-150	• Consolidação da qualidade • Recuperação de calor

Moagem de insumos na U1N

Os insumos a granel são estocados em galpão e recuperados através de recuperadora com duas lanças onde o material recuperado é enviado por correia transportadora até uma bateria de 05 silos com capacidade de aproximadamente 300t cada um.

As balanças de dosagem alimentam o material de forma individual ou combinada (calcário/coque ou antracito e bentonita) em quantidades pré-estabelecidas ao moinho de rolos. Neste moinho os insumos são alimentados através de uma válvula rotativa que proporciona vedação do sistema, distribui os insumos de forma gradativa de acordo com o pedido da sala de controle. A dosagem atual é de 80t/h para o PUMA (calcário + antracito ou coque) e de 60t/h para a bentonita. Os insumos são direcionados ao centro da mesa de moagem onde, através da força centrífuga, são forçados ao encontro dos rolos de moagem. Através de um sistema hidráulico, a força de moagem é transferida aos rolos, e no espaço entre os rolos e a mesa se dá o processo de moagem. O material fino, gerado pelo esforço de moagem, é arrastado, pelo fluxo de gás quente, até o separador dinâmico. No separador dinâmico o material é classificado de maneira que o material fino (dentro da especificação) segue com o fluxo de gases quentes diretamente para o filtro de mangas. Já as partículas mais grossas (fora da especificação) que não foram arrastadas pelo fluxo de gás quente, caem pela borda da mesa de moagem, e são conduzidas novamente à calha de alimentação por meio do elevador de caçambas. O material dentro da especificação é descarregado pelo filtro de mangas para os transportadores de rosca helicoidal que através de válvulas rotativas alimentam a calha pneumática, que através de um leito fluidizado, transporta o material para os silos da mistura.

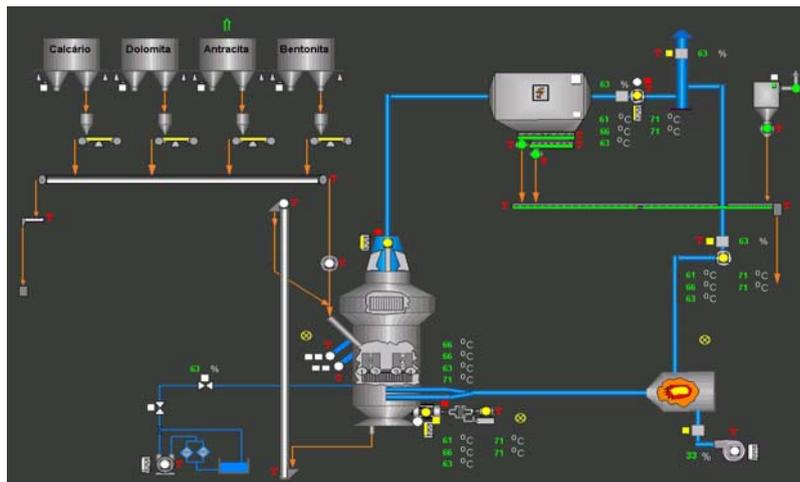


Figura 2: Descrição do processo do moinho de rolos.

DESENVOLVIMENTO

Aquisição da Bentonita a Granel

Para a realização do teste industrial, a usina adquiriu um navio de bentonita a granel com 1000t de carga. O fornecedor desta bentonita foi a ASHAPURA, mesmo fornecedor da bentonita em *bags*. Segue a análise laboratorial deste embarque:

Tabela 2: Análise química e física da bentonita a granel

Umidade(%)	9,93	>12,5mm	0,98
Inchamento(ml)	33	> 10 mm	1,29
Peso Específico(g/cm ³)	2,15	> 6,3mm	6,18
Dens. Granel(g/cm ³)	1,01	> 2mm	59,54
Montmorilonita(%)	0,92	SiO ₂ (%)	47,00
PH(suspensão 5%)	10,54	Al ₂ O ₃ (%)	15,77
Absorção de H ₂ O(%)	512	Fe ₂ O ₃ (%)	18,21
LOI(%)	8,69	CaO+ MgO	3,48
TiO ₂ (%)	2,46	Na ₂ O + K ₂ O(%)	3,53

Ajustes para Produção na Moagem

Os ajustes da moagem visaram minimizar a redução da umidade da bentonita moída. As principais ações foram à redução da temperatura do gás de entrada do moinho e a redução da temperatura de entrada do filtro de manga. Segue abaixo as principais modificações.

Tabela 3: Parâmetros de controle do moinho de rolos

Variáveis	Teste Industrial	Rotina
Temperatura de gás de entrada	184 °C	220 °C
Pressão de entrada do filtro de mangas	96 °C	104 °C
Pressão de saída do filtro de mangas	- 41 mbar	- 42 mbar
Pressão de entrada do moinho	- 49 mbar	- 48 mbar
Pressão de saída do moinho	- 42 mbar	- 41 mbar
Velocidade do classificador(RPM)	80%	80%
Taxa de alimentação	60 t/h	70 t/h

Moagem de Bentonita na Usina de Pelotização de São Luís (U1N)

A moagem de bentonita não estava sendo realizada na U1N. Esta era adquirida previamente moída e embalada em *bags* de uma tonelada. Assim, surgiu o interesse de moer este insumo a granel nas instalações do moinho vertical, motivados inicialmente pelo menor custo de aquisição e utilização em relação à bentonita anteriormente fornecida.

Em virtude do moinho vertical da U1N processar o material à seco, fornecendo um produto com umidade média de 1%, uma das principais dúvidas da equipe técnica da U1N para realização do teste industrial se referia ao paradigma de que a bentonita perdia suas propriedades aglomerantes à baixos teores de umidade. Para isso foram solicitados ensaios de absorção de água variando-se os teores de umidade, bem como ensaios de perda de massa em termobalança ao departamento de tecnologia da CVRD. Os resultados destes ensaios não demonstraram diferenças consideráveis em relação à absorção de água. Assim, a equipe de produção da U1N decidiu realizar um teste industrial para moagem e utilização da bentonita a granel na produção de pelotas.

VERIFICAÇÃO DOS RESULTADOS

Características Físicas e Químicas da Bentonita Moída e em *Bags*

Abaixo, podemos comparar as qualidades dos dois tipos de bentonita moídas: a bentonita a granel moída no moinho vertical e a bentonita recebida em *bags* já moída. Destaca-se o percentual passante na fração de 0,045 mm e a superfície específica com valores bem superiores possibilitando melhor poder aglomerante. Além disso, outro destaque está nos teores de umidade inferiores em relação a bentonita adquirida em *bags*, fato este que possibilita ganhos de consumo específico.

Tabela 4: Parâmetros de controle do moinho de rolos

Análise	Bentonita moída	Bentonita fornecida em <i>bags</i>
SiO ₂ (%)	47,25	50,45
Al ₂ O ₃ (%)	14,99	15,2
P(%)	0,05	0,099
Mn(%)	0,11	0,081
PPC(%)	9,41	7,81
D.Real(g/cm ³)	2,69	2,61
D.Granel(g/cm ³)	0,76	0,78
< 0,045mm(%)	73,25	56,3
S.E(cm ² /g)	5200	2700
H ₂ O(%)	2,28	14,99

Consumo Específico Médio das Bentonitas

Foi utilizado como fonte de dados os meses de maio e junho, onde a umidade média do pelotamento pode ser considerada na mesma escala de grandeza.

Tabela 5: Diferença de dosagem da bentonita

SITUAÇÃO	H ₂ O(%) do <i>pellet feed</i>	Consumo Especifico(Kg/tpel)	
		Base Úmida	Base Seca
Uso de bentonita em <i>bags</i>	9,01	5,2	4,46
Uso de bentonita moída	9,10	4,3	4,2

Houve redução de 5,80% no consumo específico de bentonita durante a utilização da bentonita moída no moinho vertical da U1N.

Avaliação das Propriedades Físicas da Pelota Verde

Número de quedas

Houve uma redução de 14,79 para 13,25 quedas.

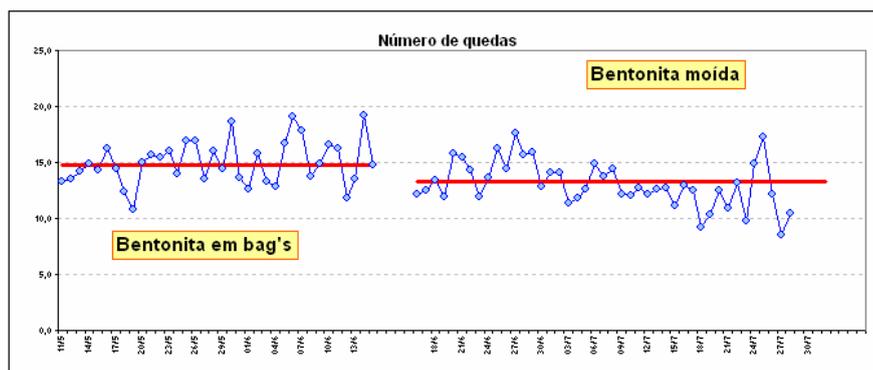


Figura 5: Variação o número de quedas.

Resistência da pelota seca

Redução de 5,12 para 4,53 daN/p.

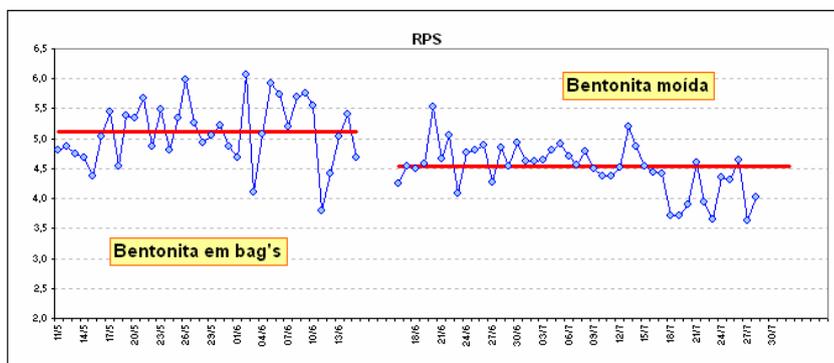


Figura 6: Variação da resistência física.

Os gráficos acima indicam uma pequena redução na resistência física da pelota verde. Todavia, os valores apresentados não são considerados de relevante diferença para o processo de pelotização.

Ganhos Operacionais e Financeiros

A viabilidade da moagem de bentonita na U1N possibilitou os seguintes ganhos:

- Redução do valor financeiro pago a contratada responsável pelo recebimento, manuseio e abastecimento de insumos devido a retirada do transporte via caminhão e parte do efetivo mobilizado para o abastecimento de bentonita;
- Redução do tempo de enchimento do silo de bentonita da mistura de aproximadamente 16 horas (bentonita em *bags*) para 2,5 horas (bentonita moída);
- Eliminação da geração de *bags* descartáveis;
- Eliminação da perda com *bags* de bentonita “empedrada”;
- Possibilidade de ganho de poder de aglomeração em virtude do aumento da fração passante em 0,045 mm de 56,3% para 73,25% do aumento superfície específica de 2700 cm²/g para 5200 cm²/g;
- Redução de 43% no valor pago pela tonelada com o uso da bentonita a granel;
- Redução do consumo específico de 4,46 kg/t para 4,20 kg/t, base seca.

CONCLUSÃO

A moagem de bentonita a granel no moinho de rolos da U1N apresentou viabilidade técnica e econômica. Os principais ganhos foram: otimização das rotinas operacionais e eliminação das perdas de material. As análises físicas da bentonita, após a moagem, indicaram elevação das propriedades físicas de superfície específica e fração granulométrica, fatores estes que possibilitaram redução do consumo específico. A redução do custo com a aquisição e moagem deste insumo, em relação a utilização de bentonita em *bags* foi de 22%, tornando o moinho de rolos uma opção viável para atendimento ao abastecimento da bentonita moída.

BIBLIOGRAFIA

- 1 Bernd Gassmann. Manual de Operação da Moagem de Aditivos, Moinho de Rolos. Projeto Lurol, São Luís, 2002, p.16-26.
- 2 Meyer, Kurt. Pelletizing of Iron Ore. Düsseldorf: Springer-Verlag Berlin, 1980. cap. 3, p. 53-55.
- 3 Mourão, J. M.; Freitas, G. G.; Stegmiller, L.; Piccolo, A. L. Minério, cal, bentonita, calcário, aglomerante, carvão, insumos, basicidade, fundentes, magnesita, combustível, PP 21/1990,1990.