

A TÉCNICA DE AGLOMERAÇÃO APLICADA AO REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS - RELATO DE CASOS -

CASSOLA, M S.¹; MORAES, S.L.¹

- (1) Laboratório de Tratamento de Minérios e Resíduos Industriais – Divisão de Metalurgia
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A – IPT
Av. Prof. Almeida Prado, 532 – Cidade Universitária - 05508-901 – São Paulo - SP.
mrnc@ipt.br; sandralm@ipt.br

As indústrias brasileiras produzem, anualmente, quase três milhões de toneladas de rejeitos, mas apenas cerca de 850 mil toneladas, algo em torno de 28% dos resíduos perigosos e não-perigosos, são tratadas devidamente. De acordo com a Abetre (Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos), se a gestão de resíduos industriais fosse organizada poderia movimentar negócios da ordem de R\$1 bilhão por ano no Brasil; atualmente, no entanto, o tratamento e a disposição de rejeitos geram um faturamento de R\$240 milhões - um quarto do valor potencial. Inicialmente os trabalhos eram voltados à minimização do impacto ambiental na destinação final dos resíduos, o que normalmente ocorria em aterros. Atualmente os estudos objetivam agregar valor a estes resíduos através da sua reutilização no próprio processo produtivo. Alguns processos já desenvolvidos ou em desenvolvimento permitem a reutilização direta de resíduos industriais, seja na própria planta ou em unidades paralelas. A solução definitiva mais pesquisada para este problema nas últimas décadas, sem dúvida, é a da aglomeração dos materiais gerados, seja por pelotização ou por briquetagem, sendo que vários processos já foram desenvolvidos e implantados. Os autores descrevem a sua experiência na aplicação dos processos de aglomeração no aproveitamento de finos gerados pelas indústrias mineral, siderúrgica, cerâmica, dentre outras, onde muitos resíduos foram estudados, tais como: finos de areia, finos de bentonita, finos de níquel, finos de óxido de ferro, poeiras de aciaria, etc., retornando-os ao processo produtivo, em alguns casos, ou direcionando-os à novas aplicações.

Palavras-chave: aglomeração, resíduos industriais, briquetagem, pelotização

Área Temática: 14 – Reciclagem

1. INTRODUÇÃO

A minimização dos resíduos sólidos é um dos grandes desafios da atualidade. A busca por processos que propiciem a diminuição destes, assim como o seu reaproveitamento passou a ser algo prioritário devido à sua inevitabilidade, aliada à sua multiplicação acelerada e às condições que cada vez mais limitam o seu descarte final.

A grande preocupação das indústrias está em utilizar “tecnologia limpa”, isto é encontrar uma solução econômica, ambiental e tecnológica integrada aos processos e produtos, com o objetivo de elevar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, através da não-geração, minimização ou reaproveitamento dos resíduos gerados no próprio processo produtivo, uma vez que a geração de resíduos pode ser entendida como ineficiência do processo.

Dentre as indústrias responsáveis pela geração de resíduos sólidos, a indústria minero-metalúrgica se destaca, seus resíduos são caracterizados de forma diferenciada pela granulometria, composição química e toxicidade, e que na siderurgia podem ser classificados em três grandes grupos, os recicláveis que contêm ferro (poeiras e lamas de alto forno e de aciaria, a lama de tratamento de água de laminação e poeiras de sinterização), os finos de coque e as escórias.

A redução do grau de contaminação dos resíduos sólidos pode se dar em sua própria fonte, através de mudanças de hábito, processos e materiais, havendo a redução de resíduos pela sua não geração. Outra forma de redução seria pela reutilização através do aproveitamento dos resíduos nas condições em que são descartados, sendo submetidos a pouco ou nenhum tratamento. Pelo processo de reciclagem os resíduos retornam, como matéria-prima, ao sistema produtivo, podendo ser este processo artesanal ou industrial. Por este processo são resgatados os resíduos que podem ser reutilizados, reduzindo-se a quantidade que terá de ser adequadamente disposta, contribuindo para redução da massa dos resíduos mais resistentes a um tratamento.

O não tratamento dos resíduos sólidos, em especial os ultrafinos, apresenta uma série de desvantagens, dentre as quais pode-se citar a dificuldade no manuseio e transporte e a necessidade de grandes áreas para disposição; a disposição de resíduos sólidos pode contaminar águas, solos, plantas e animais.

Ao contrário dos efluentes líquidos, o efeito do resíduo sólido no ambiente é longo e duradouro; além do que, sua disposição sem tratamento em aterros é nociva para a natureza e tem custo elevado.

Por outro lado, o tratamento dos resíduos apresenta vantagens, ou seja, evita consideravelmente a poluição do meio ambiente; a recuperação de metais e outros materiais agrega valores econômicos às indústrias. Há uma conservação significativa na exploração de recursos naturais e alguns resíduos inofensivos podem ser utilizados como materiais de construção.

Seguindo a política de não agressão ao meio ambiente aliado ao benefício técnico e comercial a ser atingido através do reaproveitamento dos resíduos, algumas empresas utilizam os processos de aglomeração para agregar valor ao seu resíduo, retornando-os ao processo ou direcionando-os a novas utilizações.

2. APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE AGLOMERAÇÃO NA RECUPERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS

2.a. Processos de aglomeração

O processo de aglomeração pelas várias técnicas, seja por briquetagem, pelotização ou pastilhamento é de suma importância no aproveitamento de finos gerados pelas indústrias mineral, siderúrgica, fundição, cerâmica, dentre outras. Os materiais finos são aglomerados para melhorar suas características, para aumentar sua densidade e facilitar o seu manuseio.

A **pelotização** propriamente dita (“balling”) é geralmente realizada em tambores ou discos, pelo rolamento das partículas úmidas previamente misturadas com o aglomerante. Classicamente, a pelotização é obtida com a adição aos sólidos de quantidade adequada de água, fator fundamental na formação e no crescimento das pelotas, que cria uma tensão superficial que mantém os grãos minerais coesos, permitindo assim o seu manuseio. Na figura 01 podemos visualizar um disco de pelotização com pelotas de minério de ferro.



Figura 01 – Disco de pelotização com pelotas de minério de ferro

A aglomeração por **briquetagem** é aplicada normalmente a materiais que podem ter granulometria mais grosseira que os aglomerados por pelotização. Consiste em submeter as partículas a uma determinada pressão em molde, gerando um corpo de forma definida, trapezoidal, cilíndrica, etc. denominado briquete. Na figura 02 temos apresentado um tipo de briquetadeira, denominada pastilhadeira.

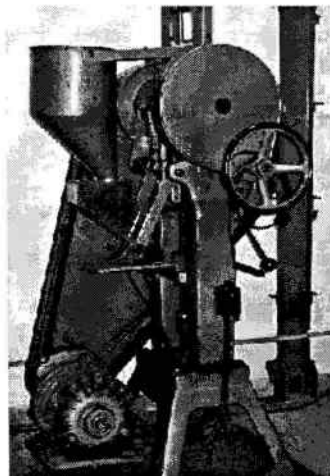


Figura 02 – Briquetadeira contínua tipo pastilhadeira

Pelas técnicas de aglomeração muitos resíduos industriais foram estudados no Laboratório de Tratamento de Minérios e Resíduos Industriais – LTMRI/IPT durante os últimos anos, apresentamos a seguir os resultados obtidos em alguns destes estudos.

Aglomeração de finos de óxido de ferro

Este estudo vislumbrou o reaproveitamento do óxido de ferro gerado pelas indústrias siderúrgicas através da aplicação do processo de **briquetagem** como apresentado esquematicamente na figura 03, que consistiu em recolher o material estocado, aglomerá-lo na forma de briquetes e retorná-lo ao processo. O objetivo principal deste trabalho foi identificar aglomerantes que conferissem resistência mecânica aos aglomerados.

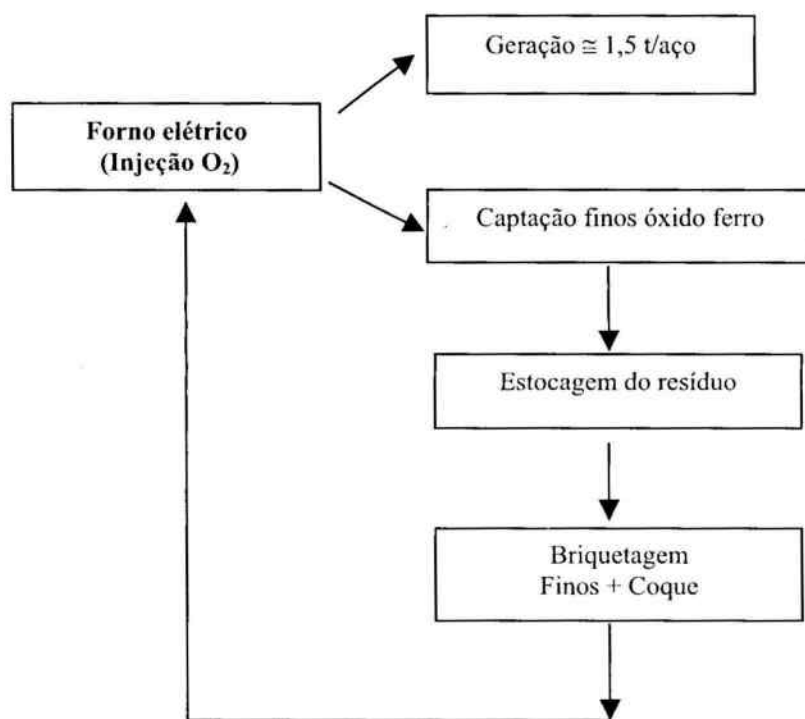


Figura 03 – Reaproveitamento de resíduo gerado pelas usinas siderúrgicas

Pela análise dos resultados pode-se concluir que os produtos obtidos com as matérias primas sem a adição de aglomerante não apresentam resistência mecânica suficiente para o seu manuseio a verde ou a seco. Obtém-se um alto valor de resistência à compressão (1200 kgf/briquete) quando se utiliza ácido acético como aglomerante, porém deve-se estudar uma forma de minimizar o efeito higroscópico que este confere ao material. Foram identificados alguns aglomerantes potenciais, tais como a cal hidratada, o cimento, o melão, apresentando resultados satisfatórios.

Aglomeração de finos de bentonita

As bentonitas são argilas cujas propriedades são ditadas essencialmente pelos argilominerais esmectíticos que contêm, são importantes argilas industriais e possuem mais de uma centena de utilizações.

Os trabalhos previam a realização de ensaios de **pelotização** de finos de bentonita utilizando aglomerante/corantes, visando o seu aproveitamento como “cama animal”. As pelotas obtidas, na faixa granulométrica solicitada pelo interessado, foram caracterizadas quanto ao número de quedas e à resistência à compressão e coloração. Os resultados apontam que é possível sua utilização para este fim.

Aglomeração de finos de carvão de caldeira

O objetivo deste trabalho foi o reaproveitamento dos finos de carvão expelidos pelos ciclones na caldeira de biomassa de uma unidade fabril, através de aglomeração por **briquetagem**, utilizando como aglomerante a lixívia (rejeito da produção de lignosulfonato) na forma líquida.

A obtenção de briquetes foi prejudicada, uma vez que a amostra de carvão enviada para os ensaios tinha umidade de 49% (base úmida).

A programação previa ensaios avaliando-se a adição máxima possível de lignosulfonato ao carvão. A adição máxima permitida no processo foi de 10%, face a umidade da amostra de carvão. O ensaio realizado com a adição de 15% causa uma eliminação substancial de fração líquida (água + lignosulfonato?) durante o processo de prensagem.

A realização de ensaios com aglomerantes alternativos produziu briquetes com qualidade igual ou inferior aos obtidos com lignosulfonato.

A utilização de lignosulfonato com outros aglomerantes, que tiveram a função de reduzir a umidade do carvão, produziram briquetes com qualidade superior aos obtidos com o lignosulfonato nas mesmas condições (10%).

Foram realizados ensaios de briquetagem contínuos, em nova amostra de carvão, o qual possuía 11% de umidade, adicionando-se água ao carvão da caldeira 2, em diferentes dosagens, verificou-se que o nível de umidade ideal para obtenção de briquetes é de 19%, ou seja 8% de água adicionada, porém os briquetes obtidos não possuíam resistência ao manuseio. A dosagem de lixívia ideal é de 30%, gerando briquetes com características satisfatórias.

Aglomeração de finos de minério de níquel

A Codemin, empresa produtora de FeNi-32%, gera durante o processo de obtenção de níquel, mostrado simplificada na figura 04, finos de níquel que são coletados por um sistema de captação e coleta de pó, composto de filtros de manga e/ou ciclones.

Esses finos, com cerca de 68% de material passante na malha 0,037 mm, apresentam elevado teor de níquel contido, em torno de 1,8%, que segundo a Codemin é superior ao teor de níquel do minério que é em torno de 1,37%. A aglomeração dos finos de níquel possibilitaria o retorno destes ao processo produtivo, alimentando os fornos de fusão.

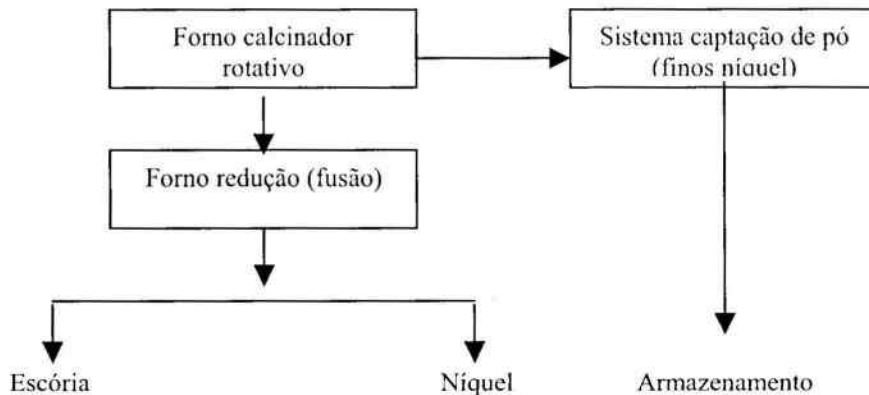


Figura 04 – Processo de obtenção de níquel – CODEMIN

Foram realizados ensaios de aglomeração por **briquetagem** de finos de minério de níquel coletados em filtro de mangas e/ou ciclones. Dos trabalhos experimentais realizados conclui-se que:

- o equipamento que se mostrou mais adequado para a aglomeração dos finos de minério de níquel, tanto para a amostra peneirada na malha 65 como a amostra Tal qual, foi a prensagem em equipamento tipo pastilhadeira;
- em relação ao teor de umidade a ser adicionada para confecção dos aglomerados, o nível ótimo é de 12%;
- foram obtidas boas condições de resistência ao manuseio e à quedas para os aglomerantes selecionados.

Como seqüência dos trabalhos sugeriu-se a produção de lotes experimentais adequados para a realização de testes industriais, podendo-se nesta ocasião também avaliar a otimização do nível de adição do aglomerante.

Aglomeração de poeira de aciaria

O trabalho previa a confecção de 2 lotes experimentais de pelotas de poeiras de aciaria com tempo de cura de 15 dias. Foram confeccionados um total de 6,1 t de pelotas tipo I - poeiras de aço inox e 2,5 t das pelotas tipo II - poeiras de aço liga.

O aglomerante utilizado em ambos os casos foi o cimento. Os lotes produzidos foram caracterizados quanto à umidade, resistência à compressão a verde, seca, após a cura e seco após cura.

Aglomeração de poeira de forno elétrico

Os trabalhos previam a realização de ensaios de pelotização de amostra de pó de coletor do forno elétrico e a avaliação da qualidade das pelotas obtidas, sendo que na melhor condição seria confeccionado um lote piloto de pelotas. Os resultados obtidos apontam que o processo de aglomeração por **pelotização** é eficiente para sua posterior aplicação no processo produtivo.

Reciclagem de rejeito de finos de areia

Este estudo consistiu na **pelotização** dos finos de areia gerados na mineração, como insumo para a indústria vidreira. As especificações de areia para vidro impedem a utilização de partículas com granulometria inferior a 0,150 mm, que passam a constituir-se num rejeito. Na aglomeração previu-se a utilização dos demais insumos utilizados como matéria prima para a confecção do vidro, tais como carbonato de sódio, borato, e outros. Foi possível obter pelotas com os finos de areia e os insumos tiveram a função de aglomerante, formando-se assim uma pelota auto-fundente, ou seja, capaz de constituir-se sozinha na carga do forno de vidro.

3. CONCLUSÕES

Este trabalho procurou mostrar a aplicabilidade das técnicas de aglomeração para o reaproveitamento de grande variedade de resíduos oriundos dos diversos segmentos industriais, uma vez que esta favorece indefinidamente ao manuseio dos pós. Procuramos apresentar alguns dos trabalhos realizados pelo IPT nesta linha, lembrando que é intensa a atuação dos centros de pesquisa junto à indústria na busca por soluções tecnológicas ecologicamente corretas na batalha contra a poluição e em benefício do meio ambiente.

4. REFERÊNCIAS

- BROCHI, E. A.; JENA, P. K.; Metals Recovery from metallurgical residues. In: SEMINÁRIO SOBRE REUSO/RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS, São Paulo, 2000. **Anais**. São Paulo, 2000.
- CASSOLA, M. S., MORAES, S. L., MOSCA, S. R. Estudo do reaproveitamento de finos de minério de níquel. In: 10º Seminário de Metais não Ferrosos, 2002, São Paulo -SP. ABM Associação Brasileira de metalurgia. **Anais**. São Paulo, 2002.
- Ecoestratégia para conquista de mercado. **GAZETA MERCANTIL – GESTÃO AMBIENTAL**, São Paulo, 1996
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Relatório n. 62.089. **Produção experimental de pelotas de poeira de aciaria**. Relatório final. IPT, São Paulo, 2002.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Relatório n. 58.714. **Avaliação da aglomeração por pelotização de finos de bentonita**. Relatório final. IPT, São Paulo, 2002.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Relatório n. 54.493. **Ensaio de briquetagem de amostra de carvão de caldeira**. Relatório final. IPT, São Paulo, 2002.
- IWAKAWA, C. M. S. **Reciclagem de rejeitos de finos de areia**. São Paulo, 1992, p.1 e 2. Trabalho de Formatura. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- LIMA, J. R. B. **Estudo da carboxi-metil-celulose como aglomerante para pelotização**. São Paulo, 1991. Tese de doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- MANTOVANI, M. C. **Comportamento a frio e a quente de pelotas auto-redutoras de resíduo de aciaria**. São Paulo, 1996, p.1. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- MORAES, S.L. **Estudo do reaproveitamento de finos de óxido de ferro - resíduo industrial - por aglomeração**. São Paulo, 2001. Monografia de final de curso. Faculdades Oswaldo Cruz.
- QUARIGUASI NETTO, P. G.; CARVALHO, R. J.; D'ABREU, J. C. Aspectos cinéticos da redução de misturas autoreductoras de finos e resíduos. In: SEMINÁRIO DE RECUPERAÇÃO DE REJEITOS NA INDÚSTRIA METALÚRGICA, São Paulo, SP, 1991. **Anais**. São Paulo, ABM, p. 181-182.
- SÃO PAULO (Estado). Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos - Abetre. Brasil trata apenas 22% dos resíduos industriais perigosos. In: _____. Sala de Imprensa. São Paulo, 2002. Disponível em: http://www.abetre.com.br/sala_imprensa.asp. Acesso em: 16 jan. 2003.
- TAKANO, C.; et al. A reciclagem de resíduos siderúrgicos sólidos. In: SEMINÁRIO SOBRE REUSO/RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS, São Paulo. **Anais**. São Paulo, 2000.
- TEIXEIRA, E. N. Resíduos sólidos: minimização e reaproveitamento energético. In: SEMINÁRIO SOBRE REUSO/RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS, São Paulo. **Anais**. São Paulo, 2000.