

AVALIAÇÃO DE BENTONITAS BRASILEIRAS NA PELOTIZAÇÃO DE FINOS DE MINÉRIO DE FERRO¹

Ayres Ferreira Morgado²
Pérsio de Souza Santos³

Resumo

No processo de extração, beneficiamento e concentração do minério de ferro, gera-se uma parcela considerável de finos, de alto teor de minério de ferro contido, inadequado pela sua granulometria fina na utilização direta em siderurgia. A aglomeração em pelotas tem sido a solução para aproveitar esta importante e abundante matéria-prima mineral para fins siderúrgicos. O aglomerante clássico mais utilizado tem sido a bentonita (esmectita sódica). Os objetivos foram o de adequar em termos de propriedades importantes do ponto de vista da pelletização na qualidade das pelotas aglomeradas com argilas esmectíticas sódicas obtidas por troca catiônica, com um mínimo possível de argila. Foi testadas amostras de esmectitas policatiônica e sódica como aglomerante de minério de ferro; originária de Santa Catarina, em comparação com outra bentonita sódica Brasgel da Paraíba, esta utilizada correntemente pelas Usinas Pelotizadoras. Após a comparação dos resultados dos ensaios realizados nas duas argilas, de resistência à compressão a verde, choque térmico e quedas repetidas, verificou-se que a argila esmectítica de Santa Catarina produz pelotas de minério de ferro com propriedades levemente superiores às pelotas aglomeradas com a bentonita Brasgel.

Palavras-chave: Pelotização; Finos de minério de ferro; Bentonitas sódicas.

EVALUATION OF BRAZILIAN BENTONITES FOR IRON ORE FINES PELLETIZING

Abstract

The iron ore mining processes produce huge quantities of iron ore fines of higher iron content. Unfortunately, these iron ore fines due to their fineness are inadequate for steel making purposes. The iron ore pelletizing process become the way chosen for recovering this valuable mineral resource³. The iron ore pelletizing process aim to obtain iron pellets according to specifications with a minimum of bentonite. The tests for agglomerating fine iron ore according to specifications were performed by using sodium smectite clays synthesized from cation exchange of natural ones smectite originally from Santa Catarina. We realize the tests on policationic and sodium smectite clays jointly with the sodium bentonite Brasgel, the latter a traditional bentonite consumed by CVRD. By comparison of the data, with the specified values for iron ore pelletizing of sodium clays from Santa Catarina and Brasgel from Paraíba, we see that: for green compression strength, number of repeated drops, and thermal shock resistance, the sodium smectite from Santa Catarina was superior in all the tests in relation to Brasgel.

Key words: Pelletizing; Iron ore; Bentonite.

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

² Prof. Doutor, Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos,, Florianópolis, Brasil - ayres@eng.ufsc.br

³ Prof. Titular, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Química, São Paulo, Brasil

INTRODUÇÃO

Neste trabalho, foi realizada a avaliação e a capacidade de pelotização de finos de minério de ferro por argilas esmectíticas em sua forma natural e na forma sódica (bentonita sódica), esta sintetizada via troca catiônica com carbonato de sódio. A troca catiônica foi realizada numa argila esmectítica policatiônica ocorrente em Lages- Santa Catarina, ainda não utilizada industrialmente.⁽¹⁾ Foram realizados ensaios de resistência à compressão, quedas repetidas e choque térmico para avaliar o comportamento das pelotas no manuseio, queima e transporte.

Os objetivos, foram o de adequar em termos de propriedades importantes do ponto de vista industrial, a qualidade das pelotas aglomeradas com argilas esmectíticas policatiônica e bentonitas sódicas obtidas por troca catiônica, com um mínimo possível de argila.⁽²⁾ No processo de extração, beneficiamento e concentração do minério de ferro, gera-se uma parcela considerável de finos, de alto teor de minério de ferro contido, inadequado pela sua granulometria fina na utilização direta em siderurgia. A aglomeração em pelotas tem sido a solução para aproveitar esta valiosa e abundante matéria-prima mineral para fins siderúrgicos.⁽³⁾

Nos altos-fornos, os finos (abaixo de seis mm) de minério de ferro não chegam a ser reduzidos, por serem antes arrastados pelos gases que são produzidos no alto-forno e mesmo na redução direta, o minério na forma de pelotas facilita o processo de redução. A aglutinação dos finos de minério de ferro na forma de pelotas, foi um desenvolvimento tecnológico realizado por Davies em 1946 na Universidade de Minnesota (Estados Unidos), para aproveitar uma imensa quantidade de finos gerada na mineração da taconita.⁽⁴⁾

Dentre os vários aglomerantes para pelotização, a bentonita sódica tem sido o que proporciona as melhores propriedades nas pelotas cruas, em termos de resistência ao manuseio e a resistência ao choque térmico.⁽⁴⁾ Embora as adições de bentonita sódica representem em quantidade relativa ao minério diminuta face ao minério de ferro, os resultados proporcionados na formação da pelota são plenamente compensados. Os resultados de pelotizabilidade de minérios de ferro com esta bentonita de Santa Catarina foi comparado com aglomerantes amplamente utilizados para este fim. A pelotização de finos de minério de ferro no Brasil é concentrada em duas Empresas, a Vale do Rio Doce e a Samarco, e suas associadas (*Joint-Ventures*). A produção projetada de pelotas de minério de ferro no Brasil por estas Empresas está estimada em torno de 30 milhões de toneladas/ano.

No Brasil, a pelotização é realizada com fins de aproveitar os finos advindos da mineração dos minérios hematíticos, itabiritos e, também, produzir um produto com maior valor agregado para exportação e mais limpo na etapa de produção do aço.

O processo da pelotização envolve duas fases distintas, uma a formação da pelota propriamente dita (*balling*); a outra fase, o tratamento térmico de endurecimento (*heat hardening*). As pelotas formadas na primeira etapa são chamadas de pelotas cruas ou verdes. O manuseio e o transporte das pelotas cruas ou verdes, exigem um rigoroso controle de qualidade das mesmas. Este controle de qualidade é feito pelos ensaios de avaliação dimensional das pelotas produzidas, resistência à compressão, resiliência, deformação e resistência ao choque térmico.

A formação de pelotas somente com minérios de ferro, sem aditivos ou aglomerantes não é tecnicamente possível para os minérios oxidados e sem água de constituição como é o caso dos minérios hematíticos e magnetíticos. Ou seja, a adição simples de água de amassamento, esta situada entre o limite de liquidez e o limite de plasticidade é insuficiente para que as pelotas cruas formadas suportem o seu manuseio e o processamento industrial. Entretanto, a plasticidade é substancialmente aumentada pela adição de teores de 0,5 a 1,0 % de bentonita sódica; incrementando uma alta resistência mecânica das pelotas, em particular a resistência à compressão e maior resistência por choques mecânicos repetidos ou resiliência. Na etapa de endurecimento ou pirometalúrgico das pelotas, surgem novas resistências devido aos mecanismos de cementação, recristalização dos grãos e a formação de escória.⁽³⁾ A pelletizabilidade ou ação aglomerante dos finos para formar uma pelota com estes minérios é feita pela adição de aditivos ou aglomerantes,⁽⁵⁾ em percentagens variando de 0,5 a 5,0 %, . Os aglomerantes mais utilizados são a bentonita sódica, o calcário natural moído (calcítico e/ou magnesiano) e a cal hidratada .

Pesquisas têm sido feitas no sentido de substituição dos aglomerantes ou ligantes clássicos como a bentonita sódica e as cales, por ligantes orgânicos como a carboxi-metil-celulose, tilose, fongrabond e outros, esbarrando, contudo na falta de economicidade e de não preencherem todos os requisitos de qualidade das pelotas formadas.^(6,7) A vantagem dos ligantes orgânicos em relação à bentonita e cales é no sentido de não introduzirem contaminações às pelotas queimadas e, de proporcionarem uma pelota com maior teor de ferro contido. Existe, uma tendência na utilização desses ligantes orgânicos no sentido de atuarem como aditivos aos aglomerantes convencionais como as cales e bentonita sódica, No caso de bentonitas sódicas, procura se ao máximo a redução do seu teor de , no máximo de 1,0 %, por introduzir elementos na forma de sílica e da alumina, que são impurezas indesejadas na fabricação do aço, além de diminuir o teor de ferro contido nas pelotas. As pelotas formadas, deverão proporcionar o máximo de ferro contido, normalmente o mínimo é de 67 %.⁽⁸⁾ A ganga ácida na forma de sílica (SiO_2) e alumina (Al_2O_3) devem ser mantidas num limite máximo de 2,2 %. Alguns processos de redução aceitam um limite de até 3,0 %.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

A amostra de argila esmectítica Lages policatiônica utilizada como material de partida, foi coletada numa ocorrência localizada no km 17, da estrada que liga a cidade de Lages ao distrito da Palmeira em Santa Catarina. Após devido tratamento da argila policatiônica (natural) por troca catiônica com carbonato de sódio, obteve-se a argila esmectítica na forma sódica. Os dados de análise química das amostras de argilas esmectíticas na forma de bentonita sódica, e a amostra natural, além dos dados da bentonita sódica Brasgel da Paraíba, esta utilizada como bentonita de referência estão na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química por FRX da argila Palmeira bruta e sódica (referida às amostras secas a 105-110 °C) e dados da Literatura da bentonita Brasgel.

Amostra	Palmeira bruta (natural)	Argila Palmeira Sódica(dialisada)	Bentonita sódica Brasgel(Paraíba)
Óxido %			
SiO ₂	55,16	52,47	56,6
Al ₂ O ₃	22,63	21,51	18,8
Fe ₂ O ₃	8,87	8,72	6,9
MgO	1,66	1,48	3,1
CaO	0,04	0,04	traços
Na ₂ O	0,02	2,15	3,3
K ₂ O	0,12	0,11	0,4
TiO ₂	3,84	3,61	n.d
MnO	0,01	0,02	n.d
P ₂ O ₅	1,56	1,33	n.d
Perda ao fogo (por diferença)	6,09	8,56	
Soma	100,00	100,00	

Analista: Dra. Giuliana Ratti-LCT/PMI/EPUSP

A confirmação da amostra de Santa Catarina de ser argila esmectítica, foi confirmada por Difração de raios-X, nas amostras de argilas brutas e sódicas, através do basal a 14 Å nas amostras não tratadas, por expansão do basal a 18. Å nas amostras glicoladas e por contração do basal a 9,9 Å nas amostras calcinadas. Além disso, foram realizados em amostras brutas e sódicas o inchamento pelo procedimento de Foster para, conjuntamente, fundamentar as características diferenciadas adquiridas no tratamento de troca catiônica com carbonato de sódio de esmectitas. Os dados do minério de ferro a ser pelletizado, possui as características a seguir.

Os finos de minério de ferro a ser pelletizado, são provenientes da empresa MBR; tendo área específica de $2,50 \pm 0,13 \text{ m}^2/\text{g}$ (10). Sua composição e distribuição granulométrica são dada nas Tabelas 2 e 3:

Tabela 2. Composição química dos finos de minério de ferro (MBR)

Minério	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Outros
Composição(%)	96,5	1,25	0,70	0,05	1,52

Fonte: Mantovani, 1996.⁽⁹⁾

Tabela 3. Distribuição granulométrica dos finos de minério de ferro (MBR)

Malha ABNT	40	50	70	100	140	200	270	325	Fundo
Abertura micrômetros	420	297	210	149	105	74	53	44	-
% retida	-	0,22	0,39	1,31	3,09	7,59	14,19	19,96	100

Fonte: Mantovani, 1996.⁽⁹⁾

Para assegurar a qualidade de suas pelotas, as empresas pelletadoras, no caso da Samarco e Vale do Rio Doce, possuem as suas próprias especificações para os seus vários tipos de pelotas. O mesmo vale para as matérias primas recebidas. De acordo com Freire Jr. e Stegmiller,⁽¹⁰⁾ a Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), tem as seguintes especificações para a performance do aglomerante na pelletização de finos de minério de ferro:

Resistência à compressão das pelotas cruas (mínimo) : 1,2 kgf/pelota;

Número de quedas repetidas das pelotas cruas de altura de 45 cm: 3,2 quedas (mínimo);

Resistência à compressão das pelotas secas: 2,8 kgf/pelota (mínimo);

Resistência ao choque térmico - dado pela resistência à compressão em temperaturas crescentes entre 300-600°C: 3,2 kgf/pelota (mínimo).

Obs.: O ensaio de resistência à compressão é realizado nas pelotas não rompidas no ensaio de choque térmico.

Métodos

Decidiu-se ensaiar previamente a argila bruta, ou seja, a argila esmectítica policatiônica, pois a Literatura^(5,11,12) diz, que as argilas esmectíticas são os melhores aglomerantes para minério de ferro principalmente na forma sódica (bentonitas sódicas). No entanto, para numa primeira avaliação, incluiu-se alguns ensaios para avaliar a forma bruta da argila sem troca catiônica.

A primeira etapa dos ensaios de pelletização foi realizada no Departamento de Metalúrgica e Materiais da EPUSP. Constituiu-se em determinar- a resistência à compressão a verde e o número de quedas repetidas a 45 cm das pelotas verdes na argila esmectítica na forma natural não sódica (policatiônica)

Como metodologia a ser seguida, decidiu-se ensaiar as argilas na pelletização dos finos de minério de ferro nas concentrações em peso de 0% argila + 100% de finos; 0,25% argila + 99,75% de finos; 0,5% argila + 99,5% de finos; 0,75% de argila + 99,25% de finos e 1,0% de argila + 99,0% de finos.

A amostra de argila a ser ensaiada, foi seca em estufa a 50-60 °C, britada em britador de mandíbulas, passada em moinhos de rolos e de bolas, e, finalmente passada em peneira ABNT n° 200(abertura de 74 micrômetros); esta argila, assim preparada, foi utilizada para compor a mistura finos de minério de ferro mais argila a ser empregada nos ensaios de pelletização.

Primeiramente, foi ensaiada a pelletização da argila policatiônica no laboratório do Departamento de Metalurgia da EPUSP. O pelletizador utilizado é uma betoneira adaptada para os ensaios de pelletização. O procedimento é em batelada, e, requer controle rigoroso da adição simultânea do material a aglomerar com a umidade necessária para formar as pelotas adequadas.

A etapa decisiva em pelletamento em batelada é justamente controlarmos a adição de água adequada para conseguirmos a formação de núcleos de forma próxima da esfera, adicionar aos poucos o material para fazer as pelotas crescerem.

Ensaio de resistência à compressão a verde

A resistência à compressão a verde é dada pela média dos resultados de no mínimo 4 (quatro) pelotas escolhidas ao acaso, sem defeitos visíveis.

A máquina é padronizada para ensaiar corpos de prova cilíndricos, de areia, de diâmetro de 50,8 mm e altura de 63,5 mm; a máquina utilizada nos ensaios é uma “*Universal sand strength machine*”, fabricada por *Dietert Co, Michigan*, Detroit, USA.

A adaptação para ensaiar pelotas foi baseada nas suposições:

- A área de contato entre o dispositivo e a pelota como sendo pontual;
- A área do corpo-de-prova padrão da máquina (diâmetro de 50,8mm);

O valor lido é dado em PSI/pelota para converter em kgf/pelota, tem-se o valor de conversão: $\text{PSI/pelota} \times 0,1426 = \text{kgf/pelota}$.

Resistência a quedas repetidas das pelotas verdes

a) Selecionar no mínimo 10 pelotas de aproximadamente de mesmo diâmetro, isentas de trincas e outros defeitos superficiais visíveis para serem utilizadas no ensaio. O resultado é dado em número de quedas por pelota.

Nas figuras a seguir, vê-se o equipamento utilizado para a pelletização no IPT/DIMEP e o dispositivo para o ensaio de quedas repetidas das pelotas de minério de ferro aglomeradas com a argila Palmeira policatiônica, localizados nos laboratórios do PMT-EPUSP.

Os ensaios na bentonita sódica Palmeira, foram mais completos, envolvendo metodologia do DIMET/IPT/SP, e, utilizando os seus equipamentos, os quais são similares aos já reportados. O disco pelletizador do DIMET/IPT, possui configuração típica para ensaios em escala piloto de pelletização, sendo mostrado na Figura 1.



Os ensaios foram realizados no Laboratório de tratamento de minérios, pertencente ao DIMET-IPT-SP. A argila Palmeira sódica foi ensaiada nas concentrações de 0,00%, 0,50%, 0,75% e 1,00%, em peso em relação aos finos de minério de ferro MBR. Nas pelotas formadas nas diferentes concentrações argila/minério foram determinados o teor de umidade, o número de quedas repetidas à 45 cm, a verde e a seco, a resistência à compressão a verde e a seco e a resistência ao choque térmico. Como termo de comparação foi ensaiada a bentonita

sódica Brasgel da Paraíba, nas mesmas condições do que a argila Palmeira e que será utilizada como referência, por se tratar de uma argila amplamente divulgada e caracterizada na literatura especializada e ser o material normalmente consumido pelas indústrias que pelletizam minério de ferro no Brasil.

RESULTADOS

Os dados obtidos com a pelletização de minério de ferro utilizando-se da argila esmectítica policatiônica de Lages estão nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4. Resultados obtidos com a pelletização de finos de minério de ferro com 0 % argila policatiônica Palmeira - 100 % finos de ferro MBR.

Pelota/ argila	Pelota	Pelota	Pelota	Pelota	Pelota	Média
Ensaio (valor)	1	2	3	4	5	
Diâmetro (mm)	19,6	18,5	22,0	18,5	17,8	19,2
Resistência PSI/pel	3,0	3,5	4,5	4,5	4,0	3,90
Resistência kgf/pel	0,43	0,50	0,64	0,64	0,57	0,56
Nº de quedas repetidas à 45 cm das pelotas verdes	0 queda	0 queda	0 queda	0 queda	0 queda	0 queda

Umidade do material pelletizado: 11,2 %

Tabela 5. Resultados obtidos com a pelletização de finos de minério de ferro com a argila policatiônica Palmeira 0,75 % e 99,25 % finos de ferro MBR

Pelota / argila	Pelota	Pelota	Pelota	Pelota	Média
Ensaio (valor)	1	2	3	4	
Diâmetro (mm)	17,3	16,5	17,0	17,3	17,0
Resistência PSI/pel	7,0	7,5	7,5	7,0	7,2
Resistência kgf/pel	1,00	1,07	1,07	1,00	1,04
Número de quedas repetidas à 45 cm das pelotas verdes	1 queda	2 quedas	1 queda	1 queda	1,25 queda

Umidade do material pelletizado: 8,0%.

Resultados dos ensaios de pelletização de finos de minério de ferro com a argila Palmeira sódica.

Os ensaios foram realizados no Laboratório de tratamento de minérios, pertencente ao DIMET-IPT-SP. A argila Palmeira sódica foi ensaiada nas concentrações de 0,00%, 0,50%, 0,75% e 1,00%, em peso em relação aos finos de minério de ferro MBR. Nas pelotas formadas nas diferentes concentrações argila/minério foram determinados o teor de umidade, o número de quedas repetidas à 45 cm, a verde e a seco, a resistência à compressão a verde e a seco e a resistência ao choque térmico. Como termo de comparação foi ensaiada a bentonita sódica Brasgel da Paraíba, nas mesmas condições do que a argila Palmeira e que será utilizada como referência, por se tratar de uma argila amplamente divulgada e caracterizada na literatura especializada e ser o material normalmente consumido pelas indústrias que pelletizam minério de ferro no Brasil.

Na foto a seguir, vê-se o pelletizador piloto de marca Lurgi-Dravo, com aspersão automática de umidade à carga de minério a ser pelletizado, localizado no DIMET-IPT-SP, onde foram preparadas as pelotas .

Na Tabela 6, seguir, estão reportados os resultados da pelletização de finos de minério de ferro aglomerados com a argila Palmeira sódica (PS), bentonita Brasgel da Paraíba (BP), e sem aglomerante (100 % de finos), realizados no DIMET-IPT-SP.

Tabela 6. Resultado de pelletização de finos de minério com bentonitas sódicas

Composição (%)		Número de quedas Repetidas à 45 cm		Resistência à compressão (kgf/pelota)		Resistência ao choque térmico (kgf/pelota)				
minério	Ligante	Verde	seca	verde	seca	200°C	300°C	400°C	500°C	600°C
99,50	0,50PS	1,00	0,80	0,76	5,15	5,00	4,90	5,00	6,50	7,60
99,25	0,75PS	1,30	1,30	0,90	6,55	6,40	6,40	6,56	7,70	8,90
99,00	1,00PS	2,90	2,90	1,02	8,65	8,40	9,05	8,47	9,63	11,17
100,00	0,00	1,00	0,00	0,36	0,26	0,23	0,29	0,35	0,39	0,29
99,50	0,50BP	1,20	0,00	0,22	1,40	1,20	1,20	1,20	1,40	1,20
99,25	0,75BP	1,00	0,00	0,25	2,75	1,30	2,20	2,30	3,80	2,80
99,00	1,00BP	1,00	0,50	0,23	3,05	2,70	3,10	2,60	4,80	4,30

CONCLUSÕES

Conclusões Iniciais

De posse dos resultados da argila policatiônica (natural) ensaiada como aglomerante de finos na pelletização de minérios de ferro, conclui-se:

- 1) sua adição ao minério aumenta bastante a resistência à compressão das pelotas verdes, em relação às pelotas formadas com 100 % de minério.
- 2) deve haver um controle no teor de umidade no material de partida (antes da pelletização), ou seja: todo o material a pelletizar deverá estar num mesmo teor de umidade, porque o controle do teor da umidade durante a pelletização é praticamente impossível;
- 3) melhor resultado na resistência à compressão foi com o teor de 0,75% de esmectita policatiônica;
- 4) Os resultados apresentados com adições de 0,25 % e 0,5 % de bentonita Lages natural, apresentaram resultados abaixo das especificações.
- 5) Tendo em vista que somente o teor de 0,75% de esmectita natural alcança o mínimo para a resistência à compressão de pelotas verdes; teor ligeiramente acima do praticado em pelletização de finos de minério de ferro (nas usinas pelletizadoras, o teor de bentonita adicionado varia de 0,5% à 0,65%). Decidiu-se proceder aos ensaios mais completos somente na bentonita sódica.

Conclusões Finais

As conclusões finais foram obtidas partir dos resultados apresentados pelas argila Palmeira nas formas policatiônica (natural) e esmectita na sódica em comparação como os da bentonita sódica Brasgel na aglomeração de finos de minério de ferro. Estas conclusões finais estão baseadas nos resultados de acordo com as especificações necessárias para a produção de pelotas pela CVRD:

- 1) À partir da concentração de 0,5 % a argila Palmeira policatiônica e sódica apresentaram a resistência à compressão das pelotas a verde que atendem ao especificado pela CVRD.
- 2) O valor da resistência à compressão das pelotas secas aglomeradas pela argila Palmeira sódica (esmectita sódica) foram superiores ao mínimo especificado pela CVRD em todas as concentrações.
- 3) A resistência ao choque térmico apresentada pelas pelotas aglomeradas com a argila Palmeira sódica foi notavelmente superior ao especificado pela CVRD.
- 4) Somente a argila Palmeira sódica na concentração de 1,00 % atingiu os requisitos da CVRD na resistência à choques repetidos a 45 cm das pelotas verdes.
- 5) A argila Palmeira policatiônica (natural) e sódica e a bentonita Brasgel, apresentaram valores do número de quedas repetidas a seco inferiores ao especificado, exceto para a argila Palmeira sódica na concentração de 1,00%.

Agradecimentos

À colaboração da Eng. Dra. Mônica Speck Cassola do DIMET/IPT/SP, nos ensaios de pelotização e nas discussões sobre aglomerantes orgânicos face a bentonita sódica. Ao Eng. Dr. Mário César Mantovani, no auxílio dado na execução do pelotamento nas instalações do PMT/EPUSP, e fornecimento de dados sobre os finos de minério de ferro.

REFERÊNCIAS

- 1 MORGADO, A. F., Caracterização e propriedades tecnológicas de uma argila esmectítica de Santa Catarina; (São Paulo, 1998), EPUSP; Tese de Doutorado, Ayres Ferreira Morgado, Orientador, Prof. Dr. Pêrsio de Souza Santos
- 2 MORGADO, A.F, SOUZA SANTOS, P. Evaluation of the Availability of a Smectitic Mineral, Proceedings of the Society of Mining Engineering S(ME) Symposia), in: Latin American Perspectives: Exploration, Mining and Processing Mineral, Edited by Osvaldo Bascur (1998, 9-11 March, Orlando –FLA USA)
- 3 GARCIA, L.F. S., XXII Congresso da Associação Brasileira de Metais , (Vitória, E.S, 1967)
- 4 MENDES, M. M. A., Notícias Sobre o Processo de Pelotização dos Minérios de Ferro, XVI Congresso da Associação Brasileira de Metais, (Porto Alegre, RS, 1961)
- 5 BROSCHE, C. D. Argilas e Bentonitas para a Pelotização de Minérios, Cerâmica, 12 (47/48), 312 , (São Paulo, 1966)
- 6 LIMA, J.R.B., Estudo da Carboxi-metil-celulose como Aglomerante para pelotização, Dissertação de Mestrado, PMI/EPUSP, (São Paulo, 1992)
- 7 CASSOLA, M. S., CHAVES, A. P., Efeito da Adição de Aglomerante Orgânicos no Comportamento de Pelotas de Minério de Ferro, I Simpósio Brasileiro de Minério, (Ouro Preto, 1996)
- 8 MORAES, J.T., CANO, J.A.M, Importantes Fatores a Considerar na Produção de Minério de Ferro e sua Utilização nos Processos de Redução Direta, I Simpósio Brasileiro de Minério, (Ouro Preto, 1996)
- 9 MANTOVANI, M. C., Comportamento a Frio e a Quente de Pelotas Auto-redutoras de Resíduo de Aciaria Elétrica, Dissertação de Mestrado, PMT/EPUSP, (São Paulo, 1996).
- 10 FREIRE Jr. J.P., STEGMILLER, L., Determinação das Características Físicas e Tecnológicas das Bentonitas e Especificações para Recebimento e Uso, CRVD-Revista, vol. 6, nº19, Rio de Janeiro-RJ, 1985
- 11 GARCIA, S.F.S, DRUMMOND, N.F., BROSCHE, C.D., BOHOMOLETZ, P.M., SILVA, L.C.C, Estudos Sobre Pelotização de Minérios de Ferro Feitos Através do Convênio CVRD-IPT, IPT/SP, Publicação nº 767, (São Paulo, 1965)
- 12 ZANDONADI, A.R., SOUZA SANTOS, P., FERREIRA, H.C., Montmorilonitas Brasileiras Como Aglomerantes ou Ligantes em Areias de Moldagem de Fundição e na Pelotização de Minérios de Ferro-Uma Revisão, Mineração e Metalurgia, 40 , (383), 16(São Paulo, 1977)