

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA PRESSÃO E TEMPO DE PRENSAGEM NA RESISTÊNCIA MECÂNICA DE BRIQUETES AUTORREDUTORES*

Carlos Mateus Braga de Almeida¹

Leandro Miranda Nascimento²

Janaina Gonçalves Maria da Silva Machado³

Resumo

Tendo em vista a diminuição da concentração de Ferro na carga de minérios extraída nas últimas décadas e, portanto, maior necessidade de processos de cominuição, não há como negar que os minérios de ferro tendem a chegar a cada vez mais finos para as siderúrgicas. Em Reatores como Alto-Forno e outros de fusão-redução, onde ocorre a redução do minério de ferro para o ferro metálico para a produção de aço, observamos que uma das alternativas é aglomerar as matérias primas na forma de briquetes, melhorando a cinética das reações químicas, uma vez que os minérios na forma de finos prejudicam fatores como a permeabilidade necessária para a redução. Estes aglomerados são compostos por um redutor, finos de materiais ferrosos e um material ligante, e necessitam, além de Metalização satisfatória, de resistência mecânica, evitando perdas quando o composto é fragmentado durante o transporte ou durante sua deposição no Reator Siderúrgico. No trabalho a seguir, foram produzidos Briquetes de Carvão Vegetal, Pellet Feed, Melaço de Cana e de Cal Hidratada. Realizou-se prensagem das misturas sob diferentes condições de Pressão (1,2 e 3 toneladas-força) e Tempo de Prensagem (20,60 e 100 segundos), objetivando, por meio de testes de queda, analisar a influência destas duas variáveis na resistência mecânica dos briquetes gerados.

Palavras-chave: Auto-Redução; Briquete; Resistência Mecânica; Prensagem

EVALUATION OF THE PRESSURE INFLUENCE AND PRESSURE TIME IN THE MECHANICAL RESISTANCE OF SELF-ROUTERING BRIQUETTES

Abstract

Knowing the reduction of the concentration of iron in the mineral load extracted in the last decades and, therefore, greater need for comminution processes, there is no denying that iron ores tend to get increasingly thin for steelmakers. In Reactors such as Blast Furnace and others of fusion-reduction, where the reduction of the iron ore for the metallic iron for the steel production occurs, we observed that one of the alternatives is to agglomerate the raw materials in the form of briquettes, improving the kinetics of the chemical reactions, since ores in the form of fines impair factors such as the permeability required for reduction. These agglomerates are composed of a reducer, fines of ferrous materials and a binder material, and require, in addition to satisfactory Metallization, mechanical resistance, avoiding losses when the compound is fragmented during transport or during its deposition in the Steel Reactor. In the following work, Briquettes were produced with Charcoal, Pellet Feed, Molasses Cane and Hydrated Lime. The mixtures were pressed under different conditions of Pressure (1, 2 and 3 tons-force), and pressing time (20, 60 and 100 seconds), aiming to analyze the influence of these two variables on the drop tests, mechanical resistance of the briquettes generated.

Keywords: Self-reduction; Briquette; Mechanical resistance; Pressing.

¹ Graduando em Engenharia Metalúrgica, DEMM-UFC, bolsista PET Metalúrgica/Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil.

² Engenheiro Metalurgista/UFMG, MSC. Engenheiro de Materiais.

³ Professora Doutora, Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Mateiras da Universidade Federal do Ceará, UFC, Fortaleza, Ceará, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

O setor siderúrgico apresenta papel fundamental na indústria e economia nacional, produzindo em 2016, segundo o Ministério de Minas e Energia, cerca de 31,275 Mt, colocando-se na 9ª posição do ranking mundial. Além disso, apresentou no mesmo ano, superávit de US\$ 3,9 bilhões. Nessa perspectiva, a qualidade das matérias primas é imprescindível para que o setor consiga suprir as necessidades do mercado atual.

Comentado [rb1]: Frase ficou estranha

Entretanto, observando dados do Departamento Nacional de Produção Mineral, é possível observar que nos últimos anos o teor de ferro contido no minério diminui gradativamente, fato que obriga a realização de maiores processos de cominuição dos minérios para a obtenção do Ferro, intensificando a geração de finos, tornando inviável a utilização direta dessa porção fina nos processos siderúrgicos. O destino mais comum destes finos atualmente é a pelotização e, em menor proporção, a sinterização.

A formulação de aglomerados autorredutores, por sua vez, surge como uma alternativa à utilização dos finos em questão, uma vez que a cinética das reações químicas de redução são favorecidas pelo contato intrínseco das matérias primas, sendo possível a aplicação destes aglomerados em reatores como alto-forno e reatores por redução-fusão.

Os aglomerados autorredutores são compostos geralmente por uma fonte ferrífera, que pode ser minério de ferro ou algum resíduo ferroso, como carepa ou pó de aciaria elétrica; uma fonte carbonosa, como carvão vegetal, carvão mineral ou antracito; e, além disso, algum material que atue como ligante, oferecendo resistência mecânica suficiente ao composto para que este não gere novamente finos quando transportado ou depositado nos reatores.

Neste trabalho foram produzidos aglomerados na forma de briquetes, nos quais utilizou-se uma única composição, com o objetivo de analisar dois aspectos da metodologia de produção, sendo eles a intensidade de prensagem (1, 2 e 3 toneladas-força) e o tempo de prensagem das misturas durante a compactação (20, 60 e 100s).

Comentado [rb2]:

É importante salientar que a pressão é de aproximadamente 31,7 MPa para cada tonelada-força aplicada na prensagem, uma vez que o diâmetro dos briquetes, que possuem formato cilíndrico, é de 20 mm. Desse modo, os valores de 1,2 e 3 toneladas-força correspondem a, respectivamente, 31,7 ; 63,4 e 95,1 MPa . No decorrer do trabalho, o termo pressão estará associado à força aplicada (tonelada-força) pois a área pressionada nos briquetes será sempre a mesma.

Levando em conta todo processo que leva os briquetes ao forno, sofrendo diversos impactos desde o transporte até sua deposição no reator, fica claro a necessidade desses aglomerados possuírem boa resistência mecânica a frio, evitando que os impactos sofridos não façam com que o briquete volte a se tornar fino antes mesmo dos processos físico-químicos de redução. Portanto, como forma de mensurar a resistência mecânica a frio dos briquetes produzidos, foi utilizado teste de queda

Utilizou-se como maior referência Gums A(2017), que produziu briquetes com diferentes composições, incluindo a composição utilizada neste trabalho, e contribuiu com aspectos metodológicos a respeito da produção dos briquetes, além de oferecer resultados para possíveis comparações sobretudo entre o testes de queda.

Outra importante fonte para o entendimento e produção desse trabalho foi Tanaka M. T.(2014),que fez trata de um estudo experimental de briquetes autorredutores e auto-aglomerantes de minério de ferro e carvão vegetal, analisando diferentes

composições e diferentes metodologias de preparação para observar a influência de todas as mudanças na qualidade dos briquetes.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1-Materiais e Métodos

Fonte Ferrífera:

Utilizou-se o Minério de Ferro na forma de Pellet Feed, cedido por uma mineradora. Também foram disponibilizados a análise química do Pellet e sua distribuição granulométrica.

Tabela 1- Distribuição Granulométrica do Pellet Feed

Abertura (mm)	% Retida Simples	% Retida Acumulada	% Passante
12,50	0,00	0,00	100,00
9,50	0,00	0,00	100,00
6,30	0,00	0,00	100,00
3,36	0,61	0,61	99,39
2,35	0,56	1,17	98,83
1,00	0,80	1,96	98,04
0,710	0,35	2,31	97,69
0,500	0,32	2,63	97,37
0,420	0,26	2,89	97,11
0,300	0,78	3,67	96,33
0,250	0,58	4,25	95,75
0,210	1,43	5,68	94,32
0,150	4,52	10,20	89,80
0,106	11,28	21,48	78,52
0,075	17,75	39,23	60,77
0,062	9,76	48,99	51,01
0,045	20,52	69,51	30,49
Passante	30,49	100,00	0,00

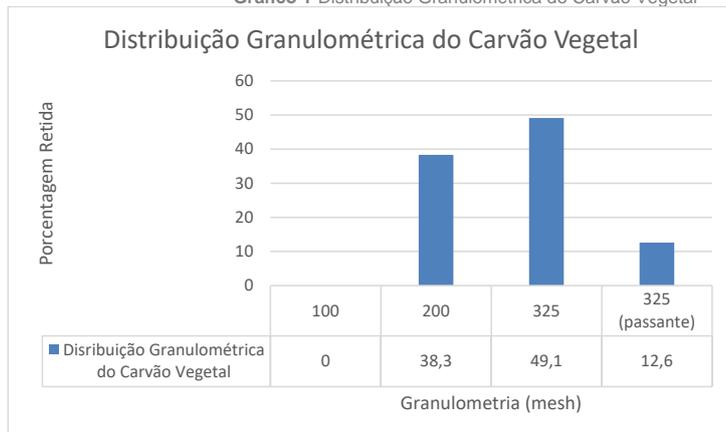
Tabela 2- Composição Química do Pellet Feed

Amostra	Fe (%)	SiO2 (%)	P (%)	Mn (%)	CaO (%)	PF (%)	MgO (%)	TiO2 (%)
Pellet Feed	67,83	2,05	0,021	0,123	0,009	0,77	0,012	0,047

Fonte Carbonosa:

Carvão Vegetal, adquirido no comércio local, levando em consideração Tanaka(2014) apud Man-Sheng et al(2011), que revelou uma faixa acima de 180 mesh como de melhor compactação e resistência mecânica aos briquetes, foi cominuído abaixo de 100 mesh (0,149mm). Foi realizada a sua distribuição granulométrica com as peneiras de 100,200 e 325 mesh, mostrada no gráfico 1, abaixo.

Gráfico 1-Distribuição Granulométrica do Carvão Vegetal



Ligantes:

Melaço de Cana e Cal Hidratada, também adquiridos no comércio local.

Preparação das Matérias Primas :

A preparação consistiu basicamente no processo de ajuste granulométrico do carvão a ser utilizado, que foi inicialmente britado, quarteado, retirando aproximadamente 500 gramas para serem moídas no gral objetivando que passasse na peneira de 100 mesh.

Comentado [rb3]: Objetivando que

Confecção dos Briquetes : Mistura, Prensagem e Secagem.

Depois de pesadas as quantidades necessárias de cada matéria prima, misturou-se de forma manual em um recipiente de vidro o carvão e o minério de ferro até que se tornasse visualmente homogêneo. Em seguida, foi colocado sobre a mistura o melaço, iniciando mais um processo de mistura manual. Anteriormente à prensagem, a cal foi aos poucos adicionada à mistura também até que se comportasse da maneira mais homogênea possível. A prensagem foi realizada na prensa hidráulica da marca Potente Brasil e capacidade máxima de 15 toneladas-força (figura 1). Os briquetes foram prensados um a um, no molde de base circular de 20 mm de diâmetro (figura 2), conferindo seu formato cilíndrico.

Comentado [rb4]: Anteriormente à prensagem

Comentado [rb5R4]:

Figura 1: Prensa Hidráulica Potente Brasil



Figura 2: Molde Metálico utilizado na prensagem dos briquetes.



A etapa subsequente consistiu em levar os briquetes à estufa para retirar a umidade presente no material, utilizando a temperatura de 100° C por 4 horas.

Figura 3: Lote de Briquetes produzidos com as 9 combinações.



2.2 Testes de Queda:

Após a secagem, cada briquete foi pesado e iniciou-se o teste de queda, realizado sob as mesmas condições dos testes realizados por Gums A(2017), sendo cada briquete foi envolvido em um saco plástico para que não fosse perdido material durante o teste e submetido a 4 quedas de 1 metro de altura. Ao fim da quarta queda, o conteúdo do saco era despejado sobre a peneira de 1mm. A quantidade passante na peneira, considerada como fino, era pesada para calcular a porcentagem de finos gerados em relação à massa inicial do briquete. De cada tipo de combinação, foram retiradas 3 amostradas e identificadas em A, B e C

Figura 4: Briquete para teste de queda



3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir, na tabela 3, temos a porcentagem de finos gerados pelos briquetes de cada combinação de pressão x tempo de prensagem:

Tabela 3: Percentual de Finos Gerados

(Tempo x Pressão)	A Finos(%)	B Finos(%)	C Finos(%)	Média(%)
20s x 1t	27,9	34,5	38,5	33,6
20s x 2t	30,5	31,7	25,8	29,3
20s x 3t	25,9	18,9	25,0	23,3
60s x 1t	35,4	50,9	44,8	43,7
60s x 2t	33,6	28,4	26,5	29,5
60s x 3t	28,2	26,1	26,5	26,9
100s x 1t	47,3	58,6	64,5	56,8
100s x 2t	45,6	41,1	35,8	40,9
100s x 3t	33,0	33,6	27,1	31,3

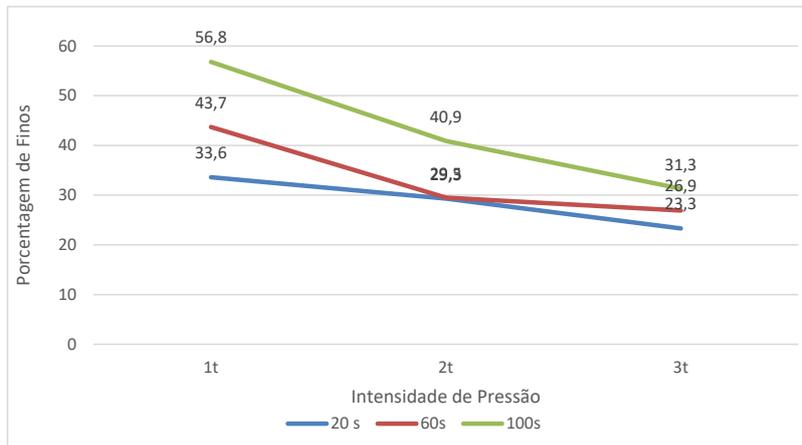
Em comparação com Gums (Gums2017), que utilizou a mesma composição, tempo de prensagem de 20 segundos e 2 toneladas, lançando em média 19,1% de finos, temos que os briquetes aqui produzidos geraram mais partículas finas (29,3%).

Sabendo que uma granulometria melhor distribuída promove significantes melhoras no empacotamento e resistência dos briquetes, a maior geração de finos nos briquetes deste trabalho pode ser explicada pela granulometria mais fina e menos distribuída entre as peneiras utilizadas, quando comparadas com Gums A(2017).

Além disso, outros fatores como forma de mistura da matérias primas, por ser um etapa manual também pode ter influenciado a diferença na resistência a queda dos briquetes.

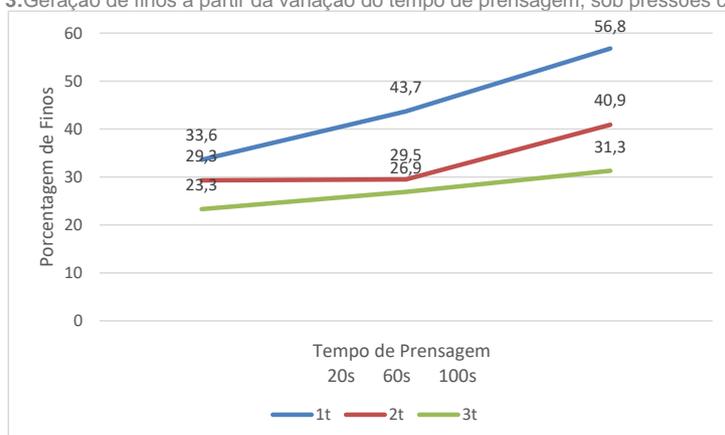
Analisando as tabelas acima, sobretudo a tabela 3, observa-se que o aumento da pressão, independentemente do tempo de prensagem, promove uma diminuição aproximadamente linear de finos gerados, sendo essa linearidade mais evidenciada quando comparados os briquetes de 1, 2 e 3t a 20s. Para observar essa variação mais claramente, foi produzido o gráfico 2, a seguir:

Gráfico 2: Geração de finos a partir da variação da intensidade da prensagem, sob tempos constantes.



Já em relação à variação do tempo, pôde-se observar que ao aumentar o tempo de prensagem houve uma maior geração de finos, mostrando que o tempo de 20 segundos se mostrou mais próximo do ideal. o gráfico 3, a seguir, relaciona a porcentagem de finos de acordo com o aumento do tempo utilizado.

Gráfico 3: Geração de finos a partir da variação do tempo de prensagem, sob pressões constantes



4 CONCLUSÃO

Em face de todos os resultados expostos no trabalho, conclui-se que a intensidade da prensagem possui grande influência no comportamento a frio dos briquetes quando se trata de resistência a queda, uma vez que os finos diminuíram quase linearmente em relação ao aumento da prensagem, podendo oferecer melhor eficiência ao processo siderúrgico se encontrado um valor de pressão que seja mais próximo do ideal para a mínima geração de finos.

Já em relação ao tempo de submissão das misturas à prensagem não observou-se resultados tão significativos, uma vez que com o aumento do tempo, também aumentou-se a geração de finos, sendo o tempo de 20 segundos o mais próximo do ideal.

A maior dificuldade encontrada na parte prática neste trabalho consistiu no cuidado com a grande quantidade de variáveis que estão presentes na metodologia e que podem influenciar na qualidade do briquete produzido, exigindo maiores cuidados durante o manuseio dos materiais.

Já na parte teórica, a dificuldade consistiu basicamente no fato de não se dispor de tantos estudos a respeito dos aspectos metodológicos abordados aqui.

Desta forma, tendo em vista que este é um estudo inicial, pode-se afirmar que outras possibilidades são válidas para trabalhos futuros, observando, por exemplo, como os briquetes se comportarão em compressões ainda mais intensas, para observar se continuará se reduzindo o percentual de finos ou se haverá um ponto no qual a geração de finos se manterá constante ou aumentará..

Outra possibilidade seria a realização de outros testes a partir das condições utilizadas neste trabalho, para a tomar-se conhecimento da influência da pressão em testes como de compressão e/ou testes a quente.

Agradecimentos

Ficam os agradecimentos inicialmente à Universidade Federal do Ceará e ao PET Metalúrgica, os quais proporcionaram a o ingresso dos bolsistas nesta pesquisa. Além disso, ao laboratório de Siderurgia da Universidade Federal do Ceará, sobretudo na pessoa da professora Janaína Machado, responsável pelo Laboratório e orientadora desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- 1 Gums A. Avaliação do comportamento a frio de aglomerados autorredutores contendo ligantes alternativos. Tese de conclusão de curso. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará;2017.
- 2 TANAKA, Marcio Toshio. Estudo experimental de briquetes autorredutores e auto-aglomerantes de minério de ferro e carvão fóssil. 2014. 53 a 57. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Metalúrgica, Universidade de São Paulo.