

INFLUÊNCIA DO TEOR DE SÍLICA LIVRE NAS PROPRIEDADES DO AGREGADO SINTÉTICO A PARTIR A SINTERIZAÇÃO DA LAMA VERMELHA

D. H. dos SANTOS¹, W. B. FIGUEIREDO¹, A. P. DALMEIDA¹, A. L. Valente¹, J. A. S. SOUZA¹

¹ Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Química
Email para contato: diegohildebrando@gmail.com

RESUMO – A indústria, com suas várias atividades, cada vez mais vem gerando uma imensa quantidade de subprodutos, que em muitas vezes, representam resíduos que prejudicam o meio ambiente. Devido a isso há uma grande preocupação em avançar os estudos na reciclagem e reaproveitamento de muitos desses detritos e rejeitos provenientes da atividade industrial. Para isso desenvolveu-se um material que de acordo com sua resistência mecânica e densidade pode ser comparado aos agregados naturais como seixo rolado e a brita. A conformação deste agregado sintético se dá com a utilização de uma mistura que tem em sua composição a lama vermelha, que é um resíduo da indústria de beneficiamento de alumina através do Processo Bayer, a sílica e a argila. O presente trabalho tem como objetivo estudar a influência do teor de sílica livre nas propriedades físicas dos agregados sintéticos nas misturas com a lama vermelha quando sinterizados.

1 INTRODUÇÃO

A indústria, com suas várias atividades, cada vez mais vem gerando uma imensa quantidade de subprodutos, que em muitas vezes, representam resíduos que prejudicam o meio ambiente. Devido a isso há uma grande preocupação em avançar os estudos na reciclagem e reaproveitamento de muitos desses detritos e rejeitos provenientes da atividade industrial.

A reciclagem consiste em técnicas de reaproveitamento dos resíduos e reutilizá-los como um novo produto. Isso nos leva a várias vantagens que vai desde a preocupação com a preservação dos recursos naturais, minimizando a utilização dessas fontes, bem como com a melhoria da qualidade de vida, saúde e segurança da população.

Nas indústrias de beneficiamento de alumina existe um resíduo considerado de classe II, não inerte, que é gerado a partir do refino da bauxita, este resíduo é conhecido como Lama Vermelha (red mud). E segundo Pradhan (1996), a porcentagem de lama vermelha vem dobrando a cada década. Por isso já há algum tempo trabalhos estão sendo preparados para estudar uma melhor forma de reaproveitar este resíduo.

É seguindo o conceito de reciclagem que a lama vermelha tem sido reaproveitada como uma das matérias-primas da indústria cerâmica, pois é produzida em elevadas quantidades e possui um custo relativamente baixo. A Lama vermelha apresenta um elevado teor de material fundente, argila expandida para a produção de agregado leve para a construção civil.

Neste trabalho foi feito um estudo sobre um dos destinos a serem dados a lama vermelha, que é a produção de agregado leve, preparado a partir da mistura de argila com vários teores de sílica pré-determinadas. O objetivo deste presente trabalho é estudar a influência desses variados teores de sílica na composição do agregado leve.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 MATÉRIAS-PRIMAS

2.1.1 Lama Vermelha

A lama vermelha foi obtida a partir do processo de fabricação de alumina pela ALUNORTE que chegou a Usina de Materiais do Laboratório de Engenharia Química da UFPA e foi submetida a secagem a 100°C durante 24h e posteriormente moída no moinho de bolas (Marca:WORK INDEX, Série 005) durante 20 minutos.

2.1.2 Argila

A argila foi coletada próxima a Universidade Federal do Pará, as margens do Rio Guamá, e posteriormente, já dentro da Usina de Materiais do Laboratório de Engenharia Química da UFPA, foi submetida a um processo de secagem em estufa a 100°C e depois foi moída no moinho de bolas (Marca:WORK INDEX, Série 005) por 20 minutos.

2.1.3 Sílica

A sílica utilizada foi a mesma que é comercializada na região, que chegou a Usina de Materiais e foi submetida a secagem a 100°C durante 24h e posteriormente peneirada (Marcas: BERTEL, PETRODIDÁTICA, GRANUTEST).

2.2 PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Todas as matérias-primas foram secas em estufa (Marca: VERDÉS, Série: 0015) a 100°C por 24h. A argila e a lama vermelha foram posteriormente moídas no moinho de bolas (Marca: WORK INDEX, Série 005), com a intenção de deixar os materiais com partículas homogêneas. A sílica foi posta em peneiramento e a que foi utilizada estava com granulometria abaixo de 100 mesh. Em todas as misturas foi adicionado e padronizado 5% de Argila e cerca de 30% em peso de água. Depois, os materiais foram pesados na balança eletrônica de precisão (Marca: GEHAKA, Modelo: BK2000) e colocados nas seguintes proporções, que estão sendo mostradas na tabela 1:

Tabela 1 – composição das proporções dos componentes das misturas

Nomenclatura das Misturas	Lama vermelha (%)	Sílica (%)
M-0	95	0
M-5	90	5
M-15	80	15
M-25	70	25
M-35	60	35

2.2.1 Conformação dos corpos de prova

Os materiais utilizados foram pesados e classificados de acordo com a porcentagem de sílica utilizada em cada mistura, variou-se também a porcentagem de lama vermelha em cada amostra. Posteriormente esses dois materiais juntamente com a argila foram colocados em homogeneização em uma betoneira (Marca: FISHER) e umidificado com água. Os corpos de prova foram retirados da betoneira e para ter um maior controle da granulométrica foi passado em uma peneira com abertura de $\frac{3}{4}$ MESH. Tudo que passou pela abertura da peneira foi recolocado na betoneira para se obter uma maior eficiência do processo. Todos os corpos de prova foram colocados em processo de secagem em uma estufa (Marca: VERDÉS, Série: 0015), onde permaneceu por 24h, a uma temperatura de 100°C. É devido a secagem que o material conformado perde a grande parte de água livre para obter uma maior resistência mecânica. Logo após a secagem o material estava pronto para o processo de queima, feita em um forno tipo mufla (Marca: ELEKTRO THERM), a uma temperatura de 1250°C por um período de 3h.

2.2.2 Determinação das propriedades cerâmicas

Posteriormente a etapa de queima do material, os corpos de prova foram submetidos a determinação de três propriedades cerâmicas que foram a Densidade real (equação 1) e aparente (equação 2) e a Porosidade (equação 3)

$$d_{\text{real}} = \frac{m_i}{V_{\text{desl}}} \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (1)$$

$$d_{\text{ap}} = \frac{m_{pi}}{V(100\text{ml})} \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (2)$$

$$PA(\%) = \frac{M_u - M_s}{M_u - M_i} \times 100 \quad (3)$$

Mu: massa úmida, que foi desenvolvida quando mergulhou-se as amostras em água em ebulição por 60 min depois pesou-se em uma balança de alta precisão.

Mi: massa imersa, que foi calculada quando pesou-se os corpos de prova, mergulhados em água, através de uma haste que foi presa a uma balança de alta precisão.

Ms: massa seca

V_{desl}: volume deslocado

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados das análises de densidade tanto aparente quanto a real, foram obtida a partir da média das densidades de cada corpo de prova que foram queimados a uma temperatura igual a 1250°C, e os resultados estão sendo mostrados na tabela abaixo:

Tabela 2 – Resultados das densidades real e aparente.

Amostras	d _{real} (g/cm ³)	d _{aparente} (d _{ap} ,g/cm ³)	PA
M-0	2,03	0,89	41,00
M-5	2,13	0,94	32,00
M-15	2,19	1,32	1,50
M-25	1,97	1,09	0,82
M-35	1,93	1,01	0,05

Com os resultados mostrados na tabela 2 podemos perceber que quando aumentamos o teor de sílica presente nas amostras de M-0 a M-15, verificamos que sua densidade real aumenta. Isso acontece, pois quanto maior for o teor de sílica, maior será a concentração de um mineral conhecido

com mulita que influi diretamente na resistência do material. Se o agregado possuir uma maior resistência ele também possuirá uma maior densidade. Mas quando a amostra possui 15% a 20% de sílica em sua composição ela atingirá o ápice de concentração de mulita na amostra. A partir de então a mulita será dissolvida por toda a amostra, diminuindo assim sua concentração. Isso acarretará numa diminuição da resistência desse material, que podemos verificar através da densidade que, está agora, diminuindo o seu valor.

Os resultados estão de acordo com as observações na literatura que mostram a influência da sílica na formação de mulita secundária acicular, na relação estequiométrica com a Alumina em 3:2 $Al_2O_3:SiO_2$, a medida que o teor de sílica livre aumenta a capacidade de formação de fase amorfa, produzindo mais vidro e conseqüentemente retendo mais voláteis e portando reduzindo a densidade do material.

Os valores da porosidade de cada amostra diminuem enquanto aumentamos o teor de sílica. Isto ocorre devido o aumento da camada vítrea do material, que ficou bastante espessa, chegando ao ponto de a amostra M-35 obter um valor de porosidade igual a zero.

3.1 ANÁLISE QUÍMICA REALIZADA PARA AS MISTURAS:

As análises químicas foram realizadas através da fluorescência de raios-X

Tabela 4.3 – Tabela de análise química

Composto	M-35	M-25	M-0
Al_2O_3	23,337	22,98	22,784
CaO	1,071	1,12	1,225
Cl	0,166	0,189	0,209
Cr_2O_3	0,058	0,045	0,029
Fe_2O_3	23,752	27,789	30,831
K_2O	0,149	0,12	0,110
MgO	0,244	0,198	0,187
Na_2O	11,86	12,384	12,558
Nb_2O_5	0,012	0,0123	0,016
P_2O_5	0,053	0,061	0,067
SO_3	0,335	0,312	0,218
SiO_2	28,419	22,35	8,580
TiO_2	3,758	3,923	4,028
ZrO_2	0,317	0,081	0,009
PF	6,47	7,987	0,439

A análise foi feita em apenas três amostras M- 35, M-25 e M-0, que nos ajudou a ratificar que o teor de sílica das amostras realmente seguem de forma crescente a partir de uma concentração de sílica igual a 0% até uma concentração de 35%. É importante avaliar também a variação na concentração de Al_2O_3 , que foi sendo aumentada com o aumento da porcentagem de sílica. Isto é importante pois um dos componentes essenciais na análise da densidade e da resistência do agregado é a Mulita, mineral que possui em sua fórmula o Al_2O_3 e a SiO_3 . Então podemos dizer que esta mulita esta tendo sua concentração aumentada com o aumento de sílica. Mas para visualizar melhor o que está acontecendo, analisou-se também a difração de raio- x.

3.2 ANALISE DE DIFRATOMETRIA DE RAIOS-X

Pela a análise de difratometria de raio-x podemos observar que os picos da Mulita e da sílica aparecem muito próximos um do outro. De acordo com as três análises do raio-X podemos verificar que quando a porcentagem de sílica é igual a 5% o pico característico da mulita com a sílica esta bem definido. Mas com o decorrer do aumento do teor de sílica de cada amostra, a mulita vai sendo redissolvida pelo material chegando ao ponto de na análise com a amostra M-25, a sílica já aparecer bem definida com a mulita já totalmente dissolvida no ma amostra.

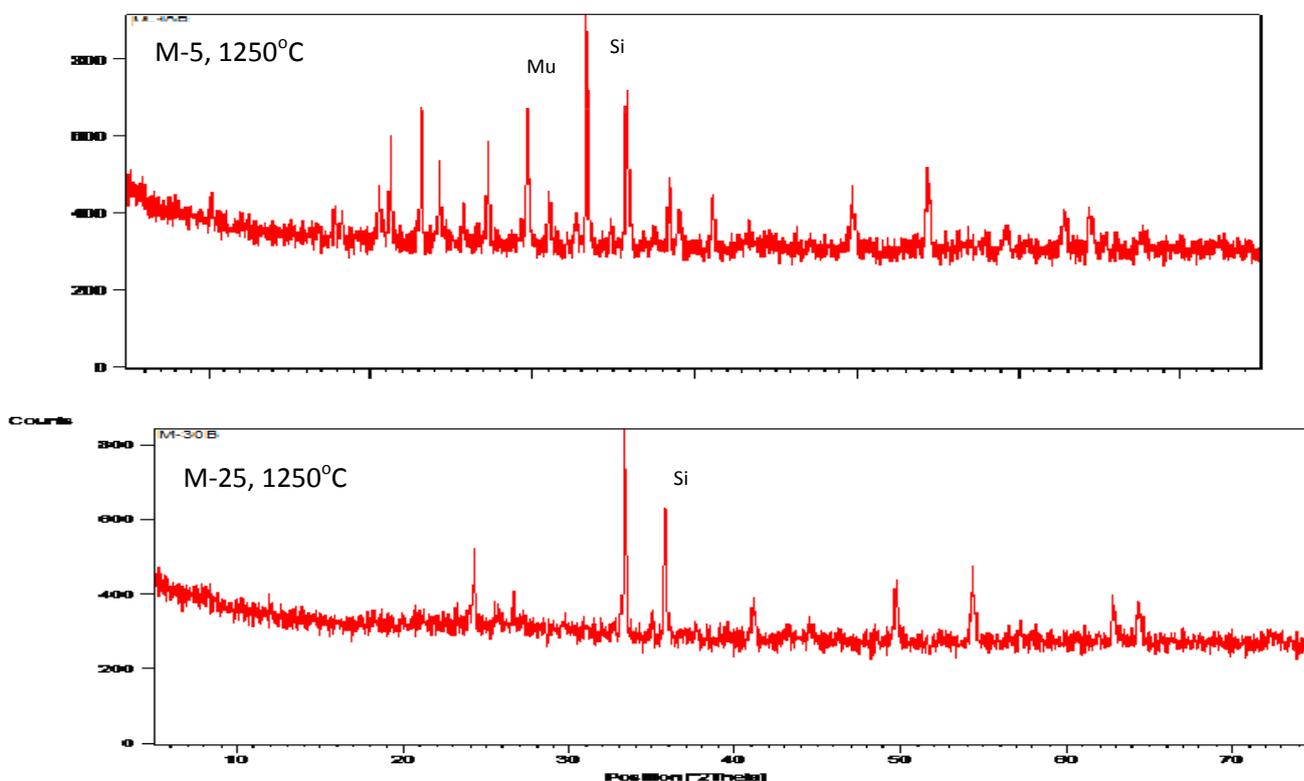


Figura 4.3 – Difratometria de raios-x da amostra M-5 e M-25

Esta análise de difração de raios-x também ratifica o que aconteceu com os valores das densidades já calculadas. As densidades alcançaram um valor de $2,19 \text{ g/cm}^3$ com a amostra M-15, entretanto podendo ter havido dissolução da mulita e aumento da fase vítrea pelo material, como vemos na análise de difração, a redução de mulita secundária pode estar relacionada com os valores das densidades que foram diminuindo.

4 CONCLUSÃO

1 – A influencia da sílica livre, nas reações de estado solido para a sinterisação de agregados a partir da lama vermelha, é observada de duas formas: inicialmente ate cerca de 20% de sílica livre há um aumento de densidade do agregado fabricado a uma temperatura de 1250 oC. Acima de 20% em peso há uma redução da densidade que pode ser caracterizada pelo aumento de fase amorfa.

2 – O aumento do teor de sílica livre esta relacionado diretamente com o aumento da densidade e conseqüente aumento da resistência do agregado a compressão. O inverso também é verdadeiro o aumento do teor de sílica que implica em redução da densidade, também é responsável pela redução da resistência a compressão do agregado

5 REFERÊNCIAS

PRADHAN, J. et al. Characterisation of Indian Red Muds and recovery of their metals values. **Light Metals**, p. 87 – 92, 1996.

SOUZA SANTOS, P. **Ciência e tecnologia de argilas**. 2^A ED. VER. São Paulo: Edgard Blucher, 1989. V. 1.