

INERTIZAÇÃO DE ALUMÍNIO SOLUBILIZADO EM LAMA VERMELHA POR MEIO DO USO DE ARGILAS

L.S Furlan¹, L.F. Isaias Jr.¹, F. Pelisser², M.Peterson^{1,2}, O.R.K.Montedo^{1,2},
A. De Noni Jr.^{1,2*}

1- Departamento de Engenharia Química - UNESC

2- Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais- UNESC

*Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, Av.Universitária 1105, 88806-000, Criciúma, SC, Brasil. agenordenoni@unesc.net

RESUMO

Neste trabalho estudou-se a inertização do alumínio solubilizado na Lama Vermelha (LV). Uma amostra de LV e duas amostras de argilas (A e B) foram coletadas no Estado do Pará, sendo caracterizadas por DRX e FRX. Seis composições foram preparadas viadelineamento de misturas. O teor de LV variou de 80 a 100%. Preparou-se pelotas entre 4 e 9mm em disco de pelotização. A queima foi realizada em temperaturas de 1150 a 1190°C, com patamar de 15 a 90min. Os resultados de solubilização foram correlacionados com a temperatura, tempo de residência e absorção de água (A.A.). O melhor resultado para a LV, sem argila, foi 16,9 ppm de Al (1190°C, 90min, A.A. 7,2%). Com 20% da argila A, a partir de 1150°C, 90min e A.A.de 4,9%, o teor de alumínio ficou abaixo de 0,2 ppm. A argila A apresentou maior capacidade de inertização do alumínio devido ao maior teor de argilominerais.

Palavras-chave: Inertização, Resíduo, Lama Vermelha, Argilomineral

INTRODUÇÃO

A lama vermelha (LV) é um resíduo gerado no beneficiamento da bauxita pelo processo Bayer. Em geral, cada tonelada de alumina produzida gera a mesma quantidade de lama vermelha. A produção mundial anual de alumina é na ordem de 90 milhões de toneladas; no Brasil a produção de alumina está compreendida entre 8 e 10 milhões de toneladas/ano(1). Trata-se, portanto, de um resíduo gerado em

grandes proporções. Ele é classificado como classe II, não perigoso e não inerte. Isso faz com que deva ser armazenado em depósitos impermeabilizados.

O desenvolvimento de produtos usando LV como principal matriz na composição é um desafio mundial. Produtos cerâmicos destinados ao uso na construção civil têm sido reportado na literatura como importante alternativa de destinação (2-10). A norma brasileira de classificação de resíduos (NBR 10004:2004) não é aplicada para produtos. Apesar disso, é importante que um produto que seja obtido a partir de um resíduo classe II passe pelo mesmo procedimento de classificação que permita avaliar o nível de inertização alcançado. Foi verificado que a calcinação da LV aumenta a quantidade de alumínio solubilizado em relação ao material não calcinado. Assim, aplicações que envolvam o uso e grande percentual de lama vermelha na sua composição, o Alumínio pode não estar inertizado aos níveis exigidos, o que dificultaria uma eventual homologação perante os órgãos ambientais.

Diante desse cenário, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito de adições de argilas, em composição com a lama vermelha, na eficiência de inertização do Alumínio.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram coletadas uma amostra de LV diretamente da bacia de contenção de uma empresa no Estado do Pará. Também deste Estado foram escolhidas duas amostras minerais de uso comum em cerâmica vermelha, comercializados como argilas, nomeadas argilas A e B. O critério de seleção destas argilas, além de serem empregadas na fabricação de tijolos e telhas, foi que uma destas argilas fosse de característica plástica/fundente e a outra menos plástica e menos fundente. As amostras foram caracterizadas por DRX (Shimadzu XRD-6000, Kyoto, Japão; $2\theta = 10$ to 80° , 2 graus.min^{-1} , radiação Cu K α 1) e por FRX (Philips PW 2400, Eindhoven, Holanda). As fases das argilas foram quantificadas por meio de análise racional. Seis composições foram preparadas através de planejamento de misturas triaxiais. O teor de LV variou de 80 a 100% e das argilas entre 0 e 20%. O diagrama com as composições está mostrado na Figura 1.

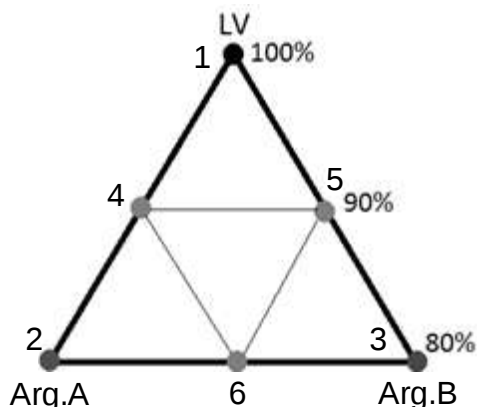


Figura 1. Delineamento de misturas das composições preparadas

Antes da dosagem, as amostras das Argilas e da LV foram secas em estufa a 100 °C e destorroadas e moídas a seco até se tornarem totalmente passante em peneira de abertura ~300 µm. As misturas foram pré-homogeneizadas manualmente por 5 min dentro de embalagens plásticas. Posteriormente foram pré-umificadas com 10% de umidade, passadas em malha de abertura ~500 µm e levadas a um disco de pelotização, onde permaneceram por 10 min sob rotação de 20 rpm e angulação de 45° para completar a homogeneização. Cada batelada foi realizada com 1 kg de mistura seca.

Os corpos-de-prova empregados neste estudo foram pelotas com diâmetro compreendido entre 4,0 e 9,0 mm. O limite inferior corresponde ao tamanho mínimo de um agregado graúdo usado em concreto. O limite superior corresponde ao tamanho máximo que um material pode ter para o ensaio de solubilidade de resíduos segundo norma NBR 10004:2004. Cada conjunto de pelotas foram secas em estufa a 100 °C por 24h e, posteriormente, queimadas nas seguintes condições: 1150, 1170 e 1190 °C, taxa de aquecimento 20 °C/min, tempo de permanência de 15, 30, 60 e 90 min na temperatura máxima e resfriamento por convecção forçada dentro no forno.

O teor de alumínio solubilizado foi realizado preparando-se uma quantidade de ~30 g de pelotas (pesadas em balança analítica ±0,0001 g) e misturando-se a 120 ml de água destilada e deionizada. A mistura foi agitada por 5 min em mesa agitadora e, posteriormente, permaneceram em contato com água durante 7 dias a 25 °C em condição de repouso. Após este período, o extrato solubilizado foi separado por filtração a vácuo e determinado o teor de alumínio por absorção

atômica (AA240FS, Varian, EUA). As pelotas saturadas de umidade foram pesadas com a finalidade de determinação da absorção de água (A.A.).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A composição química da LV e das argilas e a composição mineralógica (determinada por análise racional) das argilas estão apresentadas na Tabela 1. Na Figura 2 está representado o difratograma de raios X da LV empregada neste estudo.

Tabela 1. Composição química da LV e das argilas A e B, composição mineralogia das argilas A e B obtidas por análise racional.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Outros	P.F
LV	17,1	21,1	10,0	-	1,8	0,1	5,7	34,7	1,1	8,4
Arg.A	58,6	20,8	0,4	1,9	0,1	0,9	1,2	7,9	-	8,2
Arg.B	88,0	5,5	-	-	0,1	-	0,7	2,3	0,7	2,7
	Caulinita		ilita		Quartzo		Outros			
Arg.A	41		25		25		8			
Arg.B	12		-		82		4			

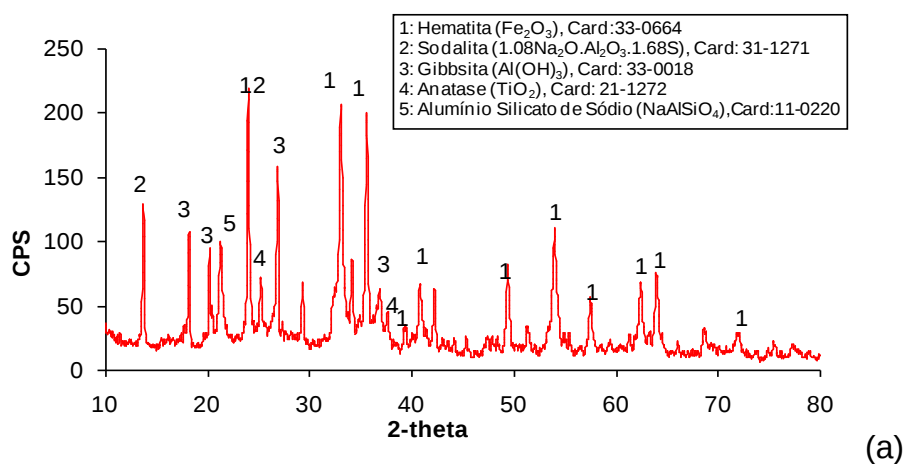


Figura 2. DRX da Lama Vermelha

Observa-se que a LV é constituída basicamente por uma mistura de hematita (aproximadamente 35%), sodalita+gibbsita+ alumino silicato de sódio (aproximadamente 55%) e óxido de titânio na forma de anatásio (aproximadamente 6%). Esta composição é tipicamente encontrada em Lamas vermelhas, ainda que a composição varie conforme as características originais da jazida de Bauxita (5). A Argila A apresentou fração de argilomineral mais elevada do que a Argila B, 66% contra 14%, sendo ~1/3 desta fração composta por ilita. Esta composição confere a argila A um caráter mais plástico e fundente e a argila B menos plástico e menos fundente.

A Figura 3 mostra os valores de concentração de alumínio do extrato solubilizado em função da A.A. dos corpos-de-prova. Verifica-se uma tendência geral de redução da concentração à medida que reduz a A.A.. Este resultado é esperado, uma vez que menor quantidade de poros do material diminui a área de contato entre o sólido e o meio aquoso. A A.A. é resultante da temperatura e do tempo de patamar de queima. Por outro lado, a redução da A.A. não é o único fator determinante. Observa-se na Figura 3(a) que para um mesmo nível de A.A., a composição com 100% de LV apresenta concentração de alumínio muito superior às demais. A argila A mostrou-se mais eficiente do que a argila B. À medida que aumenta o teor de argila (20%), a diferença de desempenho entre as argilas é menos pronunciada; ainda assim é possível identificar melhor desempenho para a argila A.

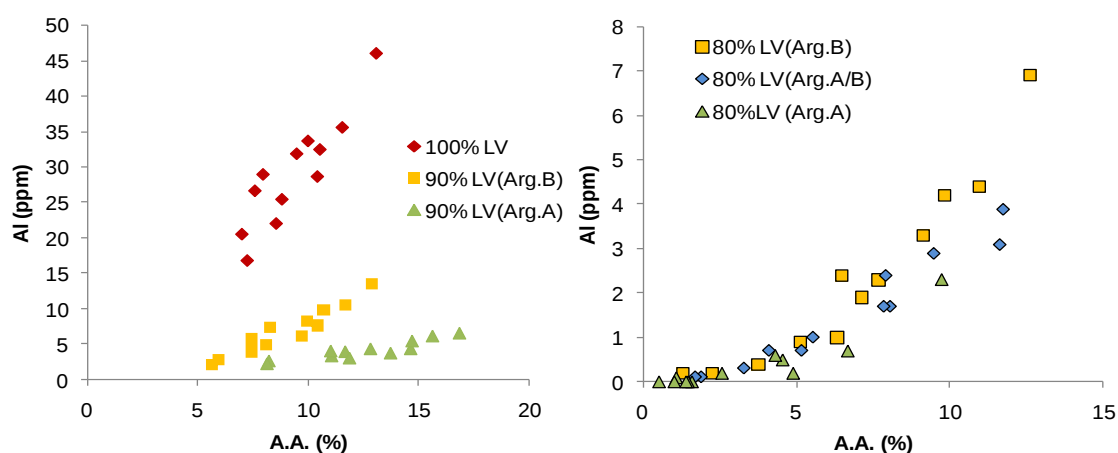


Figura 3. Teor de alumínio solubilizado em função da absorção de água para as composições estudadas.

A norma brasileira estabelece que para um resíduo ser considerado inerte com respeito à concentração de Alumínio, o teor deve ser menor ou igual a 0,2 ppm. A Tabela 2 mostra as composições, condições de processamento e A.A. para as corridas experimentais que atingiram tal desempenho. Em geral, valores de A.A. inferiores a 2,6% foram suficientes para inertizar o Alumínio. Por outro lado, a composição contendo 80% LV e 20% de Argila A, processada a 1150 °C com patamar de 90 min, apresentou A.A. de 4,9% e teor de alumínio de 0,2 ppm. Este resultado confirma que a formação de compostos sílico-aluminosos, provavelmente cristalização de mulita, seja um mecanismo atuante. A maior eficiência da argila A pode estar relacionada com o maior teor de argilominerais que disponibiliza ao meio maior quantidade de sílica em estado mais reativo.

Tabela 2. Condições experimentais cujo desempenho quanto à inertização do Alumínio atende aos requisitos da norma NBR 10004:2004.

Composição	Temperatura (°C)	Patamar (min)	A.A. (%)	Al (ppm)
80% LV /20% Arg.A	1150	90	4,9	0,20
80% LV / 20% Arg.A	1170	30	2,6	0,20
80% LV / 20% Arg.A	1170	60	1,6	0,01
80% LV / 20% Arg.A	1170	90	1,1	0,10
80% LV / 20% Arg.A	1190	15	1,5	0,01
80% LV / 20% Arg.A	1190	30	1,0	0,01
80% LV / 20% Arg.A	1190	60	0,5	0,01
80% LV / 20% Arg.A	1190	90	1,4	0,01
80% LV / 10% Arg.A / 10% Arg.B	1190	60	1,9	0,10
80% LV / 10% Arg.A / 10% Arg.B	1190	90	1,7	0,10
80% LV / 20% Arg.B	1190	60	2,3	0,20
80% LV / 20% Arg.B	1190	90	1,3	0,20

Conclusões

A inertização do alumínio solubilizado em lama vermelha foi correlacionada com a absorção de água dos corpos-de-prova, na forma de pelotas entre 4,0 e 9,0 mm de diâmetro, e com a mistura de dois tipos de Argilas. Verificou-se que a dosagem de argila exerce papel fundamental em reduzir a concentração de alumínio do extrato solubilizado, seja por promover maior sinterização ou por promover a formação de compostos sílico-aluminosos. A argila com maior teor de fases

argilominerais apresentou melhor desempenho por fornecer sílica numa forma mais reativa. De acordo com as condições de processamento aplicadas e as composições formuladas, o desempenho dentro dos valores estabelecidos por norma foi possível apenas para teor mínimo de 20% de argila.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e a Cia Vale pelo financiamento da pesquisa através do edital CNPq-Vale/CT-Mineral/12/2009. Processo nº 550403/2010-8

Referências Bibliográficas

1. Silva Filho, E.B. Alves, M.C.M. Da Mota, M. Lama vermelha da indústria de beneficiamento de alumina: produção, características, disposição e aplicações alternativas Revista Matéria, 12, 322-338 (2007).
2. Yang, J. Xiao, B. Development of unsintered construction material from red mud wastes produced in the sintering alumina process. Construction and Building Materials, 22, 2299-2307 (2008)
3. Rossi, C.R.C. Ramos, M.A. Oliveira, D.R.C. Agregados de lama vermelha para concretos, documento on-line disponível em www.cultura.ufpa.br/pecivil/pesquisas/TRABALHO_04.pdf, acesso 15/12/2009.
4. ROSSI, C. R. C. ; RAMOS, M. A. ; MACÊDO, Alcebíades Negrão ; OLIVEIRA, D. R. C. . Estudo Experimental das Propriedades Físicas e Mecânicas de Agregados para a Construção Civil Produzidos a partir de Lama Vermelha. In: 50 Congresso Brasileiro do Concreto - IBRACON, Salvador, Brasil (2008).
5. Snars, K. Gilkes, R.J. Evaluation of Bauxite Residues (red muds) of different origins for environmental application, Applied Clay Science, 46, 13-20 (2009).
6. Pontikes, Y. Nikolopoulos, P. Angelopoulos, G.N. Thermal behaviour of Clay mixture with bauxite residue for production of heavy-clay ceramics, Journal of European Ceramic Society, 27, 1645-1649 (2007).
7. Pontikes, Y. Rathossi, C. Nikolopoulos, P. Angelopoulos, G.N. Effect of firing temperature and atmosphere on sintering of ceramics made from Bayer process bauxite residue. Ceramics International, 35, 401-407 (2009).
8. Kehagia, F. A succesful pilot project demonstrating the re-use potential of bauxite residue in embankment construction. Resource, Conservation and Recycling, Article in Press, doi:10.1016/j.resconrec.2009.10.001.
9. Rodríguez, G.A.P. Rivera, F.G, Pendás, S.D.A. Obtención industrial de materiales cerámicos a partir de lodos rojos del proceso Bayer, Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 38, 220-226 (1999)
10. Hildebrando, E.A. Souza, J.A.S. Neves R.S. Influencia do tipo de argila nas propriedades físico-mecânicas de corpos cerâmicos obtidos com lama vermelha do processo Bayer. 17º CBECIMat – Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. Foz do Iguaçu, Brasil (2006).

ALUMINIUM INERTIZATION ON RED MUD WITH CLAY ADDITIONS

ABSTRACT

Aluminum inertization on red mud (RM) was investigated. One RM sample and two clay samples (A and B) were selected from Pará state, and characterized by XDR and XRF. Six compositions were planned by mixture design. RM amount varied from 80 to 100% w/w. Composition were pelletized in pelletizer disc, resulting test pieces from 4 e 9mm (diameter). Firing temperature ranged from 1150 to 1190°C, and holding time from 15 a 90min. Aluminum solubilization was correlated with temperature, holding time and water absorption (A.A.). The best result for RW, without clay addition, was 16,9 ppm of Al (1190°C, 90min, A.A. 7.2%). 20% of clay A, processed from 1150°C, 90min and A.A. of 4.9%, presented aluminum concentration lower than 0.2 ppm. Clay A presented beter aluminum inertization potential because higher amount of clay mineral compared to clay B.

Key-word: Inertization, Waste, Red Mud, Clay Mineral.