

APROVEITAMENTO DE RESÍDUO DE BAUXITA NA FABRICAÇÃO DE BLOCOS DE PAVIMENTAÇÃO AGLOMERADOS COM CIMENTO

R. H. Sotero^{1,3}; I. A. Souza^{1,3}; J. M. Rivas Mercury^{2,3}

¹Departamento de Construção civil (DCC)

²Departamento Acadêmico de Química (DAQ)

³Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnológica do Maranhão (IFMA)
Av. Getúlio Vargas, n.º 04 – Monte Castelo - CEP 65030-000 – São Luis –MA

rivascefetma@gmail.com

RESUMO

Neste trabalho apresenta-se o estudo experimental da resistência à compressão simples, da absorção de água e do teste de abrasão “Los Angeles”, de blocos de concreto para pavimentação (BCP) produzidos com substituição parcial e total da areia por um resíduo chamotado de lama vermelha (CLV), aglomerados com um percentual de 19,2% de cimento CII-Z-32. Para isto, foram ensaiados corpos-de-prova cilíndricos de 5 cm de diâmetro por 10 cm de altura, com percentuais de substituição de areia por CLV correspondente a 46, 62, 78 e 100 % em peso. Os resultados permitiram concluir que é possível substituir em até 100 % a areia pela CLV para produzir blocos para pavimentação com resistência de até 36 MPa em 28 dias de cura, valor este que segundo a norma NBR 9781(1987) serve para solicitações normais de tráfego.

Palavras-chaves: Lama Vermelha, Resíduo, Bloco de Pavimentação.

1 INTRODUÇÃO

O modelo de desenvolvimento econômico atual baseado na produção de bens e produtos em grande escala, traz consigo o descarte de resíduos dos processos industriais, a qual afeta o meio ambiente e sua preservação sendo este um dos maiores problemas que atualmente o homem enfrenta [1].

Estudos realizados em 1888 por Karl Josef Bayer com a finalidade de obter alumina a partir da mistura da bauxita com a soda cáustica (NaOH) é o ponto de partida para a produção de alumínio primário (metálico) no processo Hall-Herolt. Este processo industrial conhecido como processo Bayer, gera um resíduo semi-sólido altamente alcalino denominado lama vermelha (LV) o qual apresenta em sua composição dependendo do tipo e da origem da bauxita, quantidades significativas de Fe_2O_3 , Al_2O_3 , SiO_2 , Na_2O e TiO_2 como óxidos majoritários além de outros elementos traços [2].

Estima-se atualmente em 84 milhões de toneladas/ano a produção mundial de LV [3]. No Brasil não existem dados sobre a produção deste resíduo, entretanto levando-se em conta que para produzir uma tonelada de alumínio são necessárias em média duas toneladas de bauxita, e considerando que o rendimento médio da extração do alumínio no processo Bayer é de 50 % podemos inferir a partir da produção nacional de alumínio que no ano de 2006 foram produzidos no Brasil 16 milhões de toneladas de LV [4-5].

Este grande volume de resíduos classificado de acordo com a NBR 10.004 classe-I perigoso, por apresentar elevada corrosividade e altos teor de álcalis em sua composição, é decantado, lavado e filtrado para recuperar parte do licor alcalino e depositado em lagoas que ocupam grandes áreas, representando um grande risco de poluição ambiental e de saúde pública [6-8].

Uma proposta de utilização da LV é como matéria prima para a produção de materiais estruturais aglomerados com cimento portland [9].

O presente trabalho trata da fabricação de materiais cerâmicos estruturais do tipo bloco de pavimentação aglomerados com cimento portland utilizando chamota de Lama Vermelha (CLV) em percentuais de até 100%, de modo a contribuir para a busca de soluções que venham a minimizar o impacto ambiental causado pela geração deste resíduo industrial.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

2.1.1 Chamota de Lama Vermelha (CLV)

Foi utilizada lama vermelha chamotada (CLV) obtida por extrusão de lama vermelha em uma extrusora de laboratório marca verdes e tratada termicamente a 950 °C/3 h. A chamota obtida foi moída em um britador de mandíbulas e peneirada de modo a se obter um material granulado cuja granulometria foi determinada de acordo com a norma NBR 7217 da ABNT [10]. Adicionalmente foi determinada a massa específica dos agregados graúdos (NBR 9937) [11] e miúdos (NBR 9776) [12], bem como a sua umidade total (NBR 9939) [13] e superficial (NBR 9775) [14].

2.1.2 Areia

A areia proveniente do comércio de materiais de construção de São Luis-MA, foi lavada com água e seca a 110 °C numa estufa com circulação forçada. Após a secagem foram separadas três frações (fina, média e grossa) por peneiramento usando de acordo com o estabelecido pela norma ABNT 5734 [15]. Também foram determinados o módulo de finura, massa específica e dimensão máxima característica das três frações de areia de acordo com as normas NBR 9937 [11], 9776 [12], 7217 [10] da ABNT.

2.1.3 Água

A água de amassamento utilizada foi água destilada.

2.1.4 Cimento

Para elaboração dos ensaios, corpos de prova foram confeccionados utilizando cimento portland CII-Z-32 como aglomerante. Este material foi armazenado em sacos plásticos de polietileno para evitar a sua hidratação pela umidade do ar.

2.1.5 Brita

A Brita adquirida no comércio da cidade de São Luis-MA, foi utilizada na confecção dos corpos de prova de referência. Este material foi lavado e seco em estufa a 110 °C. Posteriormente foi peneirado e classificado em frações e determinado o seu módulo de finura, massa específica e dimensão máxima característica de acordo com as normas NBR 9937 [11], 9776 [12], 7217 [10] da ABNT.

2.2 Métodos

2.2.1 Preparação dos corpos de prova

Foram confeccionados corpos-de-prova cilíndricos de 5 x 10 cm (diâmetro e altura) utilizando-se brita zero, pó-de-brita, areia fina, areia média, areia grossa, cimento e água para os corpos de prova de referência. O traço usado foi 1 x 4 x 1,3 em massa (cimento, areia, brita) [16], e o fator água/cimento = 0,48.

Na confecção dos corpos de prova onde se substituiu a brita e a areia por porcentagens de 46, 62, 78 e 100 % em peso de CLV, denominadas a partir de agora de CVL46, CVL62, CVL78 e CVL100, as frações substituídas mostraram-se na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1. Composição das frações de resíduo incorporado

Peneira abertura em (mm)	Massa retida de CLV em (%)			
	CVL46	CVL62	CVL78	CVL100
4,8	12,3	12,3	12,3	12,3
2,4	14,0	14,0	14,0	14,0
1,2	14,0	14,0	14,0	14,0
0,6	5,7	14,0	14,0	14,0
0,3	---	7,7	14,0	14,0
0,15	---	---	9,7	12,3
0,075	---	---	---	19,4

Todos os materiais foram preparados com mesmo traço que os materiais de referência e homogeneizados com fator de água/cimento variando entre 0,48-0,50.

Todas as composições foram misturadas em uma betoneira de laboratório MARCA SOLOTESTE, e moldados previamente com 25 golpes, a seguir foram vibrados por 30 segundos em uma mesa vibratória para liberação das bolhas de ar e melhor acomodação nos moldes.

2.2.3 Cura dos corpos de prova

A cura dos corpos de prova (referências e composições da tabela 1) foi realizada após as 24 h de moldagem. A seguir os corpos de prova foram desmoldados e colocados em um tanque com água até o período específico para a realização do ensaio de compressão.

2.2.3 Ensaio de Resistência à Compressão Simples

O ensaio de resistência à compressão simples foi realizado às idades de 1, 3, 7 e 28 dias de cura em uma máquina de ensaio universal EMIC de 100 ton, de acordo com a norma NBR 9780 [17] e 9781 [18] da ABNT.

2.2.4 Ensaio de Absorção de Água

Para realização dos ensaios de absorção de água (AA) utilizou-se o método de Arquimedes, tanto para os agregados como para os corpos de prova. Os materiais foram secos em estufa com circulação de ar forçado a 110 °C por 24 h e suas massas determinadas em uma balança eletrônica de precisão seguindo as recomendações da norma NBR 8947 [19].

2.2.4 Ensaio de Abrasão “Los Angeles”

O ensaio de abrasão “Los Angeles” foi realizado nos corpos de prova resultantes do teste de resistência à compressão simples. Os materiais foram

moídos e peneirados na peneira de nº 4 de acordo com a norma NBR 6465/84 da ABNT [20].

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização das matérias primas

A Figura 1 apresenta o resultado da distribuição granulométrica em peneiras das matérias primas utilizadas como agregados na formulação dos BCP. Pode-se observar que a distribuição granulométrica da areia e suas frações, fina (AF), média (AM) e grossa (AG) apresentam-se contínuas com um D_{50} em torno de 0,15 mm; 0,60 mm e 1,2 mm respectivamente.

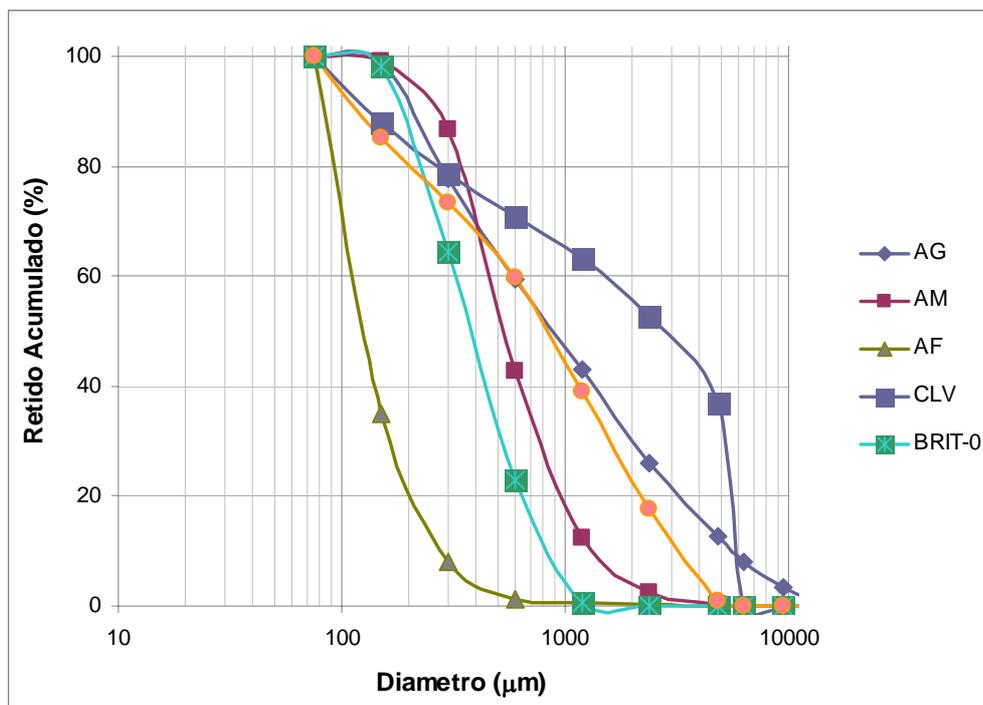


Figura 1. Distribuição granulométrica das matérias primas.

A brita zero (BRIT-0) apresenta uma granulometria com partículas variando entre 4,8 e 9,5 mm, enquanto que o pó de brita apresenta uma granulometria mais larga que fica entre a peneira 4,8 mm e porcentagens abaixo da peneira 0,075 mm, complementando a distribuição da brita zero. Já a chamota de lama vermelha (CLV)

o seu D_{50} é de 2,4 mm com uma percentagem retida acumulada de 52 % na peneira nº 8.

A Tabela 2 mostra o resultado das propriedades físicas para as matérias primas utilizadas.

Tabela 2. Propriedades físicas das matérias primas utilizadas.

Determinação	Matérias primas				
	CLV	Brita	Areia		
			F	M	G
Massa específica (g/cm^3)	2,56	2,75		2,62	
Módulo de finura	3,90	2,87	1,45	2,44	3,31
Dimensão característica (mm)	6,30	9,5	6,30	6,30	19,05
Absorção de água (%)	1,30	nd*	1,00	1,00	1,00
Porosidade Aparente (%)	3,20	nd	nd	nd	nd

* - nd. – Não determinado

3.1 Resistência à Compressão Simples

A Tabela 3 apresenta o resultado do ensaio de resistência à compressão simples (RCS) dos corpos-de-prova de referência e dos produzidos por substituição da areia e da brita pelos agregados de CVL em até 100% em peso.

Pode-se observar na tabela 3 que os corpos-de-prova correspondentes à referência apresentam uma resistência à compressão simples (RCS) de 46,4 MPa após 28 dias de cura o qual supera o valor de 35 MPa estabelecido pela norma NBR 9781 para BCP usados em transportes leves [18].

Já os BCP com substituições de 78 e 100 de CLV apresentam aos 28 dias de cura RCS da ordem de 35 e 36 MPa, o que permite concluir que a CLV pode ser usada como agregado, substituindo a brita e a areia na produção de materiais que podem ser utilizados como BCP em tráfego de veículos comerciais de linha como preconiza a norma anteriormente citada.

Tabela 3. Resistência à compressão simples dos blocos

Composição*	Resistência à compressão f_{ck} (MPa)			
	Tempo de cura (dias)			
	1	3	7	28
Referência	19,3 ± 0,7	25,5 ± 0,9	28,5 ± 0,4	46,4 ± 0,8
CLV46	10,2 ± 0,8	18,1 ± 0,6	21,0 ± 0,6	31,2 ± 0,3
CLV62	10,8 ± 0,7	18,2 ± 0,8	20,4 ± 0,6	32,3 ± 0,4
CLV78	14,5 ± 0,5	15,3 ± 1,8	20,4 ± 1,2	35,5 ± 0,8
CLV100	15,3 ± 0,6	17,0 ± 0,4	20,4 ± 1,2	36,2 ± 0,6

* - CLV% - Porcentagem de agregado de chamota de lama vermelha

3.2 Absorção de Água.

Uma vez que o resultado da resistência à compressão simples apresentada pelos BCP com percentual de 100% de CLV foi satisfatório opto-se por medir a absorção de água apenas nestes materiais.

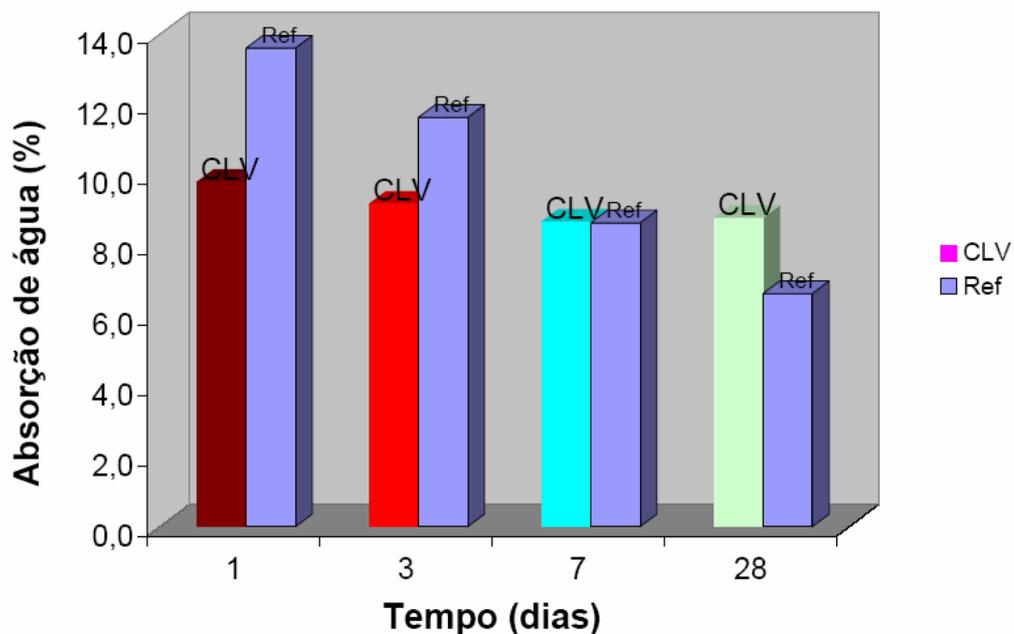


Figura 2. Absorção de água das referências e dos BCP com CLV.

A Figura 2 mostra o resultado da absorção de água (AA) para os tempos de cura de 1; 3; 7 e 28 dias. Pode-se observar que os valores da AA são inferiores a 20 % em todos os casos, valores estes inferiores aos estabelecidos pela norma NBR 12118 da ABNT [21]. Também se observa que em todos os tempos de cura AA dos materiais contendo CLV apresentam valores inferiores aos materiais de referência. O que se atribui a um melhor empacotamento de partículas em todas estas composições.

3.3 Ensaio de abrasão “Los Angeles”

Neste ensaio mede-se o desgaste de um agregado por abrasão através do impacto entre agregados e esferas de aço padronizadas que giram em um tambor, com velocidade controlada de 30 a 33 rpm. Após isto, o agregado é peneirado, lavado e pesado. De acordo com o uso do material, são estabelecidos valores máximos de abrasão “Los Angeles”. Com base nos resultados do ensaio de resistência à abrasão, pode-se verificar que os materiais de referência apresentaram maior resistência, com um valor de abrasão em torno de 23 %, já os BCP com CLV apresentam um valor em torno de 37 %, sendo estes valores inferiores a 40% como estabelece a norma NBR 6465/84 da ABNT [20], indicando que a CLV pode ser utilizada como agregado para a produção de blocos de concreto para pavimentação.

CONCLUSÃO

- ✓ Foi possível se obter neste estudo blocos para pavimentação com substituição de 100% dos agregados por chamota de lama vermelha os quais alcançaram um valor de 36 MPa de resistência à compressão simples após 28 dias de cura, valor próximo ao preconizado pela norma NBR 9781 (35 MPa) para blocos de concreto para pavimentação usados em transportes leves.
- ✓ Para todas as composições estudadas apresentaram valores de absorção de água baixo do máximo (<20 %) recomendado pela norma NBR 12118.

- ✓ O ensaio de abrasão “Los Angeles” mostrou que a CLV é um material que pode ser usado para a fabricação de blocos para pavimentação podendo substituir em até 100% os agregados obtendo-se valores de abrasão inferiores a 40%.

5 REFERÊNCIAS

- [1] RAUPP-PEREIRA, F., HOTZA, D., SEGADÃES, A. M., *et al.*, “Ceramic Formulations Prepared with Industrial Wastes and Natural sub-products”, *Ceramics International*, v. 32, n. 2, pp 173-179, 2006.
- [2] HABASHI, F. A short history of hydrometallurgy. *Hydrometallurgy*, n.79, pp. 15-22, 2005.
- [3] DIAZ, B., JOIRET, S., KEDDAM, M., NÓVOA, X. R., PÉREZ, M. C., TAKENOUTI, H., “Passivity of iron in red mud’s water solutions”, *Eletrochimica Acta*, n. 49, pp. 3039-3048, 2004.
- [4] HIND, R. A., BHARGAVA, S. K., GROCCOTT, S. C., “The surface chemistry of Bayer process solids: a review”, *Colloids and surfaces A: Physicochemical and engineering aspects*, n. 146, pp.359-374, 1999.
- [5] SILVA FILHO, E.B., ALVES, M.C. M., DA MOTTA, M., *Revista Matéria*, v. 12, n. 2, pp. 322 – 338; 2007.
- [6] GÓIS, C. C., LIMA, R. M. F., MELO, A. C., “Sedimentação de resíduo Bayer utilizando floculantes hidroxamatos e poliacrilamida”, *Revista Escola de Minas*, v. 56, n.2, pp. 119-122, Ouro Preto, Minas Gerais, Abril/Junho, 2003.
- [7] RIBEIRO, D.V., MORELLI, M.R. “Estudo de Viabilidade da utilização do resíduo de bauxita como adição ao cimento portland”.
- [8] PARANGURU, R.K.; RATH, P.C.; MISRA, V.N. “Trends in Red Mud Utilization-A Review” *Mineral Processing and Extractive metal. Rev.*, 26, pp 1-29 (2005).

[9] MENEZES, R.R.; GELMIRE, de A.N. e HEBER, C.F."O estado da arte sobre o uso de resíduos como matérias-primas cerâmicas alternativas". Rev.Bras. De Eng. Agrí. e Amb. (2002)

[10] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 7217: Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro (1987).

[11] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 9937. Agregado: Determinação da absorção de água e da massa específica, agregado graúdo. Rio de Janeiro, RJ (1987).

[12] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 9776. Determinação da massa específica de agregado miúdo pelo frasco de chapman. Rio de Janeiro, RJ (1987).

[13] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 9939. Agregado. Determinação do teor de umidade por secagem em agregado graúdo, massa específica de agregado miúdo pelo frasco de chapman. Rio de Janeiro, RJ (1987).

[14] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 9775. Umidade superficial por meio do frasco de Chapman. Rio de Janeiro, RJ (1987).

[15] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 5734. Peneiras para ensaio, Rio de Janeiro, RJ (1989).

[16] PETTERMANN, R. "Avaliação do Desempenho de Blocos de Concreto para Pavimentação com metacaulim e sílica ativa" Monografia Apresentada à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, para o título de Especialista em Construção Civil, Porto Alegre, 2006.

[17] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 9780. Método de ensaio: Peças de Concreto para Pavimentação Determinação da Resistência à compressão. Rio de Janeiro, RJ (1987).

[18] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR-9781. Especificações: Peças de Concreto para Pavimentação. Rio de Janeiro, RJ (1987).

[19] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR-8947. Telhas Determinação da massa específica e da absorção de água. Rio de Janeiro, RJ (1985).

[20] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).. NBR 6465. Agregados – Determinação da Abrasão “Los Angeles”. Rio de Janeiro, RJ (1985).

[21] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 12118. Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria: Determinação da Absorção de Água, Umidade e Área Líquida. Rio de Janeiro, RJ (2006).

USE OF BAUXITE TAILING IN THE PRODUCTION OF CONCRET PAVING BLOCKS AGGLOMERATED WITH CEMENT

ABSTRACT

This paper reports an experimental study that aimed to investigate the effects of *burned bauxite tailing used as e aggregate to produce concrete paving blocks*. Red mud aggregates was used to replace 46, 62, 78 and 100 % (by weight) of the river sand aggregates. Effects of the red mud aggregates replacement in the concrete was study by, compressive strength, water absorption and abrasion resistance. The results showed that is possible produce concrete paving blocks with 100 % of replacement of sand aggregates by red mud aggregates with good mechanical properties (36 MPa), water absorption (8,78 %) and abrasion resistance (37%) after 28-day. These results are in agreement with the Brazilian standards NRB 6465, 9780 and 12118, and show that it is feasible to use a red mud tailing aggregates for making the concrete products.

Key words: red mud aggregates, concrete paving blocks.