

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE BAUXITA NA FABRICAÇÃO DE MATERIAIS DO TIPO SOLO-CIMENTO

R. H. SOTERO ^{1,3}; SOUZA, I. A. ^{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 ° 04 – Monte Castelo - CEP 65030-000 – São Luis –MA

rivascefetma@gmail.com

RESUMO

Neste trabalho apresenta-se o estudo experimental da confecção de tijolos de solo-cimento com substituição parcial do solo por um resíduo chamotado de lama vermelha em quantidades de 40%, 60% e 80% em peso, para os traços 1:8, 1:10 e 1:12, aglomerados com cimento portland do tipo CP II-Z-32 com 10% de água. Para caracterização dos materiais foram ensaiados corpos-de-prova cilíndricos de 5cm de diâmetro por 10cm de altura, curados após 6 horas de moldagem, e durante os 7 primeiros dias, foram mantidos em câmara úmida. Os resultados dos ensaios de resistência á compressão simples e absorção de água para as diferentes substituições da lama vermelha mostraram que os valores obtidos são superiores aos preconizados pelas normas NBR 12025 e NBR 13555, desta forma é perfeitamente viável o uso do resíduo (chamota de lama vermelha) para tijolos de solo-cimento.

Palavras chaves: Lama vermelha, Resíduo, Solo, solo-cimento.

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 blocos estruturais do tipo solo-cimento aglomerados com cimento portland utilizando chamota de Lama Vermelha (CLV) em percentuais de até 80%, 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 Solo

Três solos procedentes de varias localidades do município de São Luís-MA (Monte Castelo, Maracanã, Tibiri) foram recebidos no laboratório em sacos plásticos de polietileno de 50 kg previamente identificados. Os solos recebidos foram secos ao ar, destorroados em moinho mandíbula e, passados pela peneira nº 4 (4,8 mm) da ABNT, e uma quantidade de 10 kg guardada em sacos de polietileno para posterior realização dos ensaios de caracterização.

2.1.3 Cimento

Para aglomeração dos tijolos e confecção dos corpos de prova foi utilizado cimento portland CII-Z-32. Este material foi armazenado em sacos plásticos de polietileno para evitar a sua hidratação pela umidade do ar.

2.1.4 Água

A água de amassamento utilizada foi água destilada.

2.2. Métodos

2.2.1 Ensaios Preliminares

Para a escolha do solo ideal para a fabricação dos tijolos foi realizado o ensaio do “Frasco de boca larga” o qual consiste em submeter o solo ao contato com

água contendo cloreto de sódio que promove a separação da parte arenosa da parte argilosa do material, sendo que um indicativo da qualidade do solo a relação areia/argila ≤ 1 .

2.2.2. Caracterização do solo

O solo foi preparado para a realização de ensaios de compactação e de caracterização, de acordo com a norma NBR 6457 (ABNT, 1986a) [15]. Os ensaios de caracterização realizados foram:

- Determinação da massa específica dos sólidos do solo, de acordo com a norma NBR 6508 (ABNT, 1984b [16]);
- Análise granulométrica, por peneiramento, de acordo com a norma NBR 7181 (ABNT, 1984a) [17];
- Determinação dos limites Atterberg de solos, de acordo com as normas NBR 6459 (ABNT, 1984c) [18] e NBR 7180 (ABNT, 1984d) [19];

2.2.3. Caracterização da mistura solo-cimento

Com a finalidade de se determinar a umidade ótima de compactação e a massa específica aparente seca máxima da mistura solo-cimento mais adequado para fabricação destes materiais, foi realizado o ensaio de compactação conforme a norma NBR 12023 [20].

2.2.4 Preparação dos corpos-de-prova de referência

Para preparação dos corpos de prova foram definidos os traços 1:8; 1:10 e 1:12, todos com percentual de 10% de água. Para cada traço foram confeccionados corpos-de-prova para a determinação da resistência à compressão simples (RCS) e absorção de água (AA). Para isto, o solo foi passado nas peneiras de números: 4, 8, 16, 30, 50, 100 e 200 da ABNT e determinada a sua granulometria. O solo e o cimento foram homogeneizados em uma argamasseira SOLOTEST por um período de 10 a 15 minutos com pulverização da água de amassamento até adquirirem uma coloração uniforme. A seguir foram conformados em moldes de 5 x 10 cm e prensados em uma prensa uniaxial a uma pressão de compactação de 10 MPa [22]. Todos os

procedimentos para a confecção dos corpos de prova basearam-se na norma NBR-12024 [21].

2.2.5 Preparação de corpos de prova com chamota de lama vermelha

Na confecção dos corpos de prova onde se substituiu parcialmente do solo por porcentagens de 40, 60 e 80 % em peso de CLV, denominadas a partir de agora de RCVL40, RCVL60 e RCVL80 as frações substituídas mostram-se na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1. Composição das frações de RCLV adicionado

Peneira abertura em (mm)	Massa retida de RCLV em (%-v)		
	RCVL40	RCVL60	RCVL80
4,8	0,00	0,00	0,00
2,4	0,50	0,50	0,50
1,2	0,75	0,75	0,75
0,6	3,90	3,90	3,90
0,3	34,85	54,85	65,90
0,15	---	---	8,85

Os corpos de prova para a determinação da resistência à compressão simples (RCS) e absorção de água (AA) foram preparados com os traços 1:8; 1:10 e 1:12, usando-se um percentual de água entre 10-14 %, usando-se a mesma pressão de compactação usada para a confecção da referência.

2.2.6 Cura dos corpos de prova

Todos os corpos de prova (referência e RCLV) após a cura inicial de 24 h foram desmoldados e colocados em uma câmara úmida por 7 dias para cura final de acordo com a norma NBR-12024 [21].

2.2.7 Ensaio de compressão

O ensaio de resistência à compressão simples foi realizado após os 7 dias de cura em câmara úmida, em uma máquina de ensaio universal EMIC de 100 ton, seguindo as recomendações da norma NBR-12025 [23].

2.2.8 Ensaio de absorção de água

Para realização do ensaio de absorção de água (AA) todos os materiais foram colocados em estufa a 110 °C até peso constante. Posteriormente, foram submersos em água por 24 horas, para ser obtido seu peso úmido e em seguida calculada a absorção de água de acordo com a norma NBR-13555 [24].

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caracterização das matérias primas

A realização do ensaio do frasco para os três solos recebidos no laboratório mostrou que o mais indicado para a fabricação de materiais de solo-cimento foi o oriundo do Monte Castelo, assim os outros solos foram descartados. A tabela 2 apresenta os resultados das propriedades físicas do solo e da chamota de lama vermelha (CVL) utilizados na confecção de todos os materiais deste trabalho.

Tabela 2. Características físicas das matérias primas

Propriedade	Matéria prima	
	Solo	CLV
Limite Plástico (LP) (%)	13,0	n.d
Limite de Liquidez (LL) (%)	18,0	n.d
Índice de Plasticidade (IP) (%)	5,0	n.d
Massa específica (g/cm ³)	2,59	2,56
Granulometria (% passante)		
Peneira n ° 4 (0,42 mm) ABNT	100	100
Peneira n ° 200 (0,075 mm) ABNT	33	45,0
Modulo de finura	2,71	3,90
Dimensão máxima característica (mm)	4,8	6,3

Pode-se observar na tabela 2 que o solo apresenta uma porcentagem passante nas peneiras n° 4, e 200 de 100 e 33 % respectivamente com valores de LL e IP de 13 e 18 %, resultados este que atendem as características que deve apresentar um solo

para uso em materiais do tipo solo-cimento de acordo com a norma NBR 10832 [25]. Já a CLV também atende quanto a granulometria, entretanto os seus valores do IP e LL não foram determinados por tratar-se de baixa plasticidade.

3.2. Compactação da mistura solo-cimento

Na Figura 1 apresenta-se o resultado do ensaio de compactação do solo-cimento (mistura solo + cimento). A figura mostra que a massa específica aparente seca cresce com o aumento do teor de umidade até atingir um máximo e depois começa a decrescer para valores, ainda, crescente do teor de umidade. O ponto máximo da curva corresponde à massa específica aparente seca máxima ($2,28 \text{ g/cm}^3$) que a mistura pode atingir com um teor de umidade ótimo que corresponde a $7,67 \%$, sendo este valor utilizado para confecção de todos os corpos de prova, conforme a norma NBR 12023 [20].

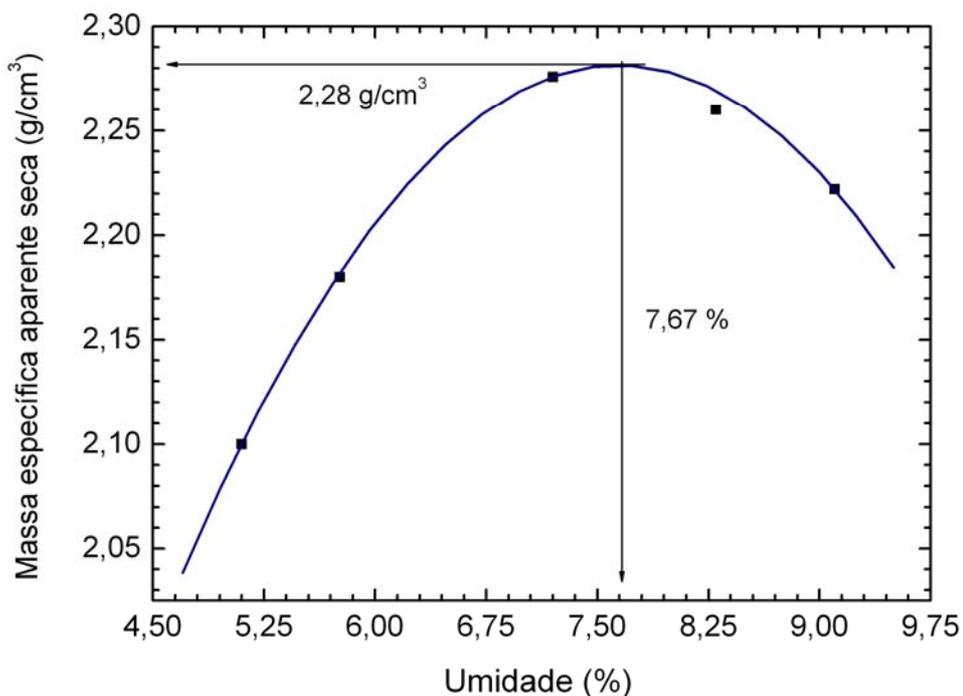


Figura 1. Curva de compactação do solo-cimento.

3.3 Caracterização dos tijolos de solo-cimento

3.3.1 Resistência à compressão simples

A Tabela 3 apresenta o resultado dos ensaios de RCS e de AA dos materiais de referência (solo-cimento), para os traços 1:8, 1:10 e 1:12, conformados a uma pressão de compactação de 10 MPa com 7,67 % de água.

Tabela 3. Propriedades físicas do solo-cimento.

Tempo de cura (dias)		
Traço	RCS (MPa)	AA (%)
1:8	13,60 ±0,35	9,10 ±0,08
1:10	10,20 ±0,43	11,00 ±1,87
1:12	8,76 ±0,08	12,00 ±0,55

Os resultados mostram que a RCS dos materiais, decresce com a diminuição da quantidade de cimento (ou aumento do teor de solo), enquanto que a AA aumenta. Entretanto estes valores atendem as especificações da norma NBR 8491 [26].

3.4 Caracterização dos tijolos de solo-cimento com CLV

3.4.1 Resistência à compressão simples

A Figura 2, mostra o resultado do ensaio de RCS dos corpos-de-prova de solo-cimento com substituição CLV, em concentrações de 40, 60 e 80 % em volume. Podemos observar que para os traços 1:8 e 1:10 ocorre um aumento de resistência com o aumento do percentual de resíduo adicionado. Já a RCS para o traço 1:12 diminui com o aumento do percentual de resíduo adicionado, o que se explica se levar-mos em conta diminuição do teor de cimento e aumento do teor de agregados. Um outro aspecto importante a ser observado é que a maior RCS ocorre para o traço 1:10 com 80% de CLV (15,30 ± 0,61 MPa) enquanto que o menor valor foi para o traço 1:12 com 80% CLV (8,41 ± 0,41 MPa), porém todos os valores de RCS superam 2 MPa estabelecidos pela norma NBR 8491 [26].

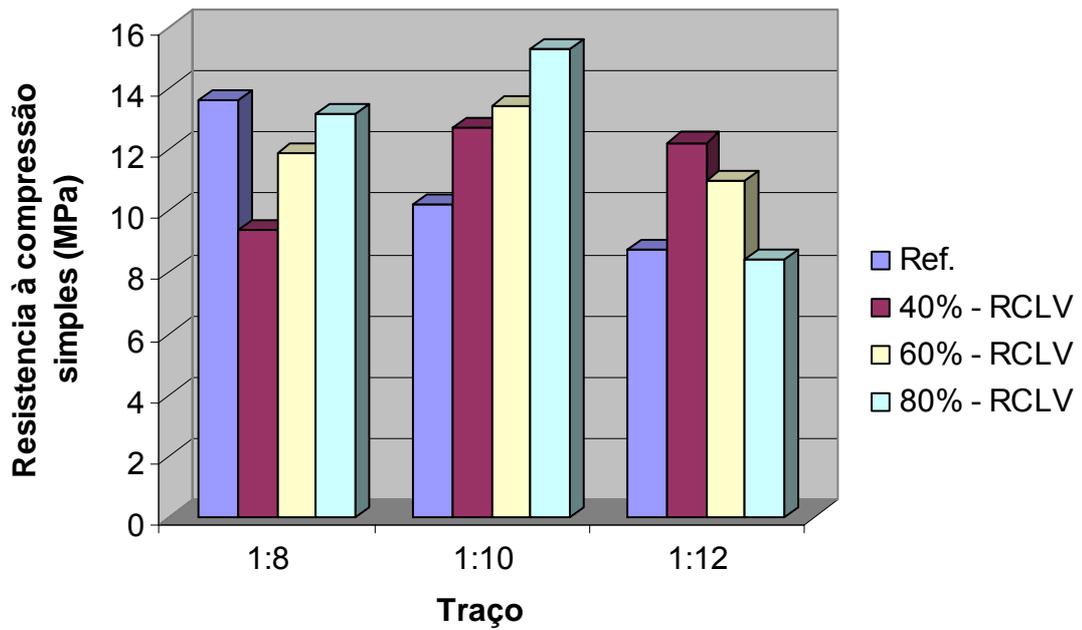


Figura 2. Resistência à compressão simples do solo-cimento com adição de chamota de lama vermelha .

3.4.2 Absorção de água

Na Figura 3 ilustra o resultado do ensaio de absorção de água para os materiais produzidos com substituição do solo por chamota de lama vermelha.

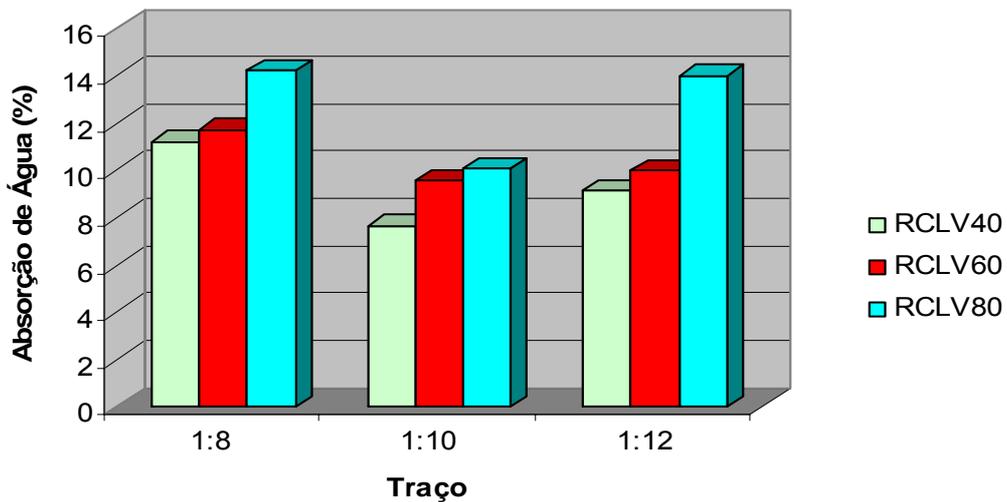


Figura 3. Absorção de água para os materiais produzidos com substituição do solo por chamota de lama vermelha.

Observa-se na figura que o menor valor de AA corresponde ao traço 1:10 para todos os valores de substituição. Em todos os traços a maior AA correspondeu aos materiais com maior substituição de resíduo chamotado (80%). Em todos os traços a AA aumentou com o aumento do teor de resíduo. Estes resultados indicam a necessidade de otimizar do empacotamento nestes materiais. Entretanto, é importante observar que estes valores atendem a norma NBR [24].

4 CONCLUSÕES

- ✓ Neste estudo foi possível produzir materiais do tipo solo-cimento com substituição do solo por lama vermelha chamotada em até um 80% em volume que atendem à norma NBR 8491 da ABNT.
- ✓ Os maiores valores de resistência à compressão simples e menor absorção de água foram para materiais produzidos com um traço 1:10.
- ✓ A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que é possível produzir tijolos do tipo solo-cimento com boas características mecânicas substituindo-se o solo por até 80% em volume de lama vermelha chamotada como recomenda a norma NBR 8491.

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.; GELMIRES, 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 9937/84 Agregado Determinação da absorção e da massa específica, agregado graúdo. Rio de Janeiro (1984).

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

[13] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 9939. Agregado. Determinação do teor de umidade por secagem em agregado graúdo. Rio de Janeiro (1987).

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

[15] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 6457: Amostra de Solos Preparação para ensaio de compactação e caracterização. Rio de Janeiro 1986.

[16] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 6508: Solo - Determinação da massa específica dos sólidos dos solos Rio de Janeiro.1984

[17] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 7181: Análise granulométrica por peneiramento. Rio de Janeiro1987

[18] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 6459/84: Solo - Determinação do Limite de Liquidez. Rio de Janeiro1984

[19] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). ABNT Norma Brasileira NBR 7180: Solo - Determinação do Limite de plasticidade. Rio de Janeiro 1984

[20] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 12023: Solo – Cimento Ensaio de compactação. Rio de Janeiro 1992

[21] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 12024 Solo-cimento – Moldagem e Cura de Corpos-de-Prova Cilíndricos – Métodos de Ensaio. Rio de Janeiro 1992

[22] FERRAZ JUNIOR, F. de A. C. Equipamentos modernos para a produção de tijolos de terra prensada. In WORKSHOP ARQUITETURA DE TERRA. São Paulo. Anais. NUTAU- FAUUSP. P. 163-179.

[23] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 12025 Solo-cimento – Ensaio de Compressão Simples de Corpos-de-Prova Cilíndricos – Métodos de Ensaio. Rio de Janeiro 1990

[24] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 13555 Solo-Cimento, Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro 1996

[25] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 10832. Solo-cimento, Procedimento – Fabricação de tijolos maciços de solo-cimento com a utilização de Prensa Manual. Rio de Janeiro 1989

[26] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 8491 Solo-cimento, Especificações – Tijolos Maciços de Solo-Cimento. Rio de Janeiro 1984

USE OF BAUXITE TAILING IN THE PRODUCTION OF SOIL CEMENTO BRICKS

ABSTRACT

This paper reports an experimental study that aimed to investigate the production of soil-cement bricks using *burned bauxite tailing in the substitution of the soil*. Red mud aggregates was used to replace 40, 60, and 80 % (by volume). The effects of the red mud substitution by soil replacement in the soil-cement brick was study by, compressive strength, water absorption. The results showed that is possible produce soil-cement materials up to 80 % of replacement of soil by red mud aggregates with good mechanical properties (8,41 MPa) and water absorption (8,78 %) after 7 days. These results are in agreement with the Brazilian standards NRB 12025 and 13555 and show that it is feasible to use a red mud tailing for making soil-cement bricks.

Key words: red mud, bauxite tailing, soil-cement brick.