

Avaliação de painéis de tijolos prensados de solo-cimento incorporados com resíduos de calçados (EVA)

E. P. Silva^{1*}; J. W. B. Nascimento¹; N. P. Barbosa¹; A. F. Leal¹

¹Universidade Federal de Campina Grande, Departamento de Engenharia Agrícola, Av. Aprígio Veloso – 882, Bodocongó, 58109 – 970, Campina Grande – PB, Brasil.

(Recebido em 16/04/2008; revisado em 18/07/2008; aceito em 20/08/2008)

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

Resumo:

Este trabalho trata da utilização de resíduo de EVA (Etilene Vinil Acetate), oriundo da fabricação de calçados, em tijolos de solo-cimento. Foram testadas combinações solo-EVA com o teor dos resíduos variando de 0 a 50% em relação ao volume de solo. Como estabilizante foi usado o cimento Portland em teores de 6, 8 e 10% em relação à massa do solo. Foram obtidas as resistências à compressão de tijolos, prismas e painéis com diversas misturas. Das melhores misturas foram confeccionados painéis com cerca de 1m² para procedimento do ensaio à compressão. Os resultados mostram que à medida que se aumenta o teor de EVA à resistência à compressão dos tijolos cai sensivelmente. A mistura de solo, 10% de cimento em massa e 10% de resíduo de EVA em volume atendeu aos critérios da norma de alvenaria de vedação sem fim estrutural.

Palavras-chave: Resíduos industriais; alvenaria de vedação; solo-cimento

Abstract:

This paper addresses the use of residue of EVA (Ethylene Vinyl Acetate) from the manufacture of footwear, in bricks of soil-cement. Soil-EVA combinations were tested with the content of the waste ranging from 0 to 50% in relation to soil volume. As stabilizer it was used Portland cement with content of 6, 8 and 10% in relation to the mass of the soil. It was measured the compression resistance of prisms and panels bricks with different mixtures. With the best blends it was made panels with 1m² to be submitted to a compression resistance. The results show that as increase the level of EVA the compression resistance of the bricks decreases significantly. The mixture with soil, 10% of cement by mass and 10% of waste by volume of EVA is in accordance with the standard norms to masonry sealing with no structural endless.

Keywords: Industrial waste; masonry brick; soil-cement

* E-mail: elisangelapereira@yahoo.com.br (E. P. Silva)

1. Introdução

A reciclagem de resíduos é uma das maneiras de diversificar e aumentar a oferta de materiais de construção, viabilizando, eventualmente, à redução de preço, que gera benefícios sociais adicionais através da política habitacional. Esta situação pode ser favorecida pela adoção de medidas de incentivo específicas para produção de habitações de baixo custo, utilizando-se produtos reciclados de desempenho comprovado [1].

A principal aplicação do EVA é na produção de chapas reticuladas e expandidas, para obtenção de solados, entressolas e palmilhas na indústria calçadista, a qual responde por cerca de 69% do mercado de EVA no Brasil. Os resíduos das placas se apresentam nas formas: de aparas e em pó, a primeira é obtida durante o corte das placas e a segunda durante o processo de lixamento na fase de acabamento [2].

O resíduo de EVA não é um material biodegradável e algumas vezes é jogado em áreas de descarte ou queimado a céu aberto ou em fornos industriais causando resíduo tóxico, provocando sérios problemas a saúde da população quem vive em torno destes locais. Uma das formas de se resolver essa situação seria imobilizá-los em matrizes cimentícias, como por exemplo, o solo-cimento.

O uso do solo estabilizado com um aglomerante e na forma comprimida para fabricação de tijolos data da década de 50 do século passado, desde então uma grande diversidade de prensas surgiram, sendo algumas capazes de fabricar tijolos de terra crua em escala industrial. Diversos fatores influem no desempenho dos tijolos prensados, sendo indispensável a presença da areia para lhes dar a estrutura resistente aos esforços mecânicos e de argila para dar coesão ao bloco ainda úmido [3-5].

O objetivo do presente trabalho foi pesquisar o efeito da incorporação de resíduo de EVA no comportamento físico-mecânico de tijolos prensados de solo-cimento e sua aplicação em painéis de alvenaria.

2. Materiais e métodos

O solo utilizado foi seco ao ar livre e em seguida foram retiradas três amostras para análise granulométrica, realizada segundo a NBR 7181. Também foram feitas as determinações dos limites de liquidez (LL) e plasticidade (LP) de acordo com as NBR 7180 e NBR 6459; e a umidade ótima foi encontrada seguindo a NBR 7182. O cimento

utilizado foi o CP II Z-32 e o resíduo de EVA em pó não oriundo de uma indústria calçadista do estado da Paraíba.

Para moldagem dos tijolos fez-se a variação do teor de cimento em 6%, 8% e 10% em massa do solo utilizado e variou-se o teor de resíduo de EVA de 0%, 10%, 20%, 30%, 40% e 50% em relação ao volume de solo.

As misturas foram realizadas em betoneira de eixo inclinado com capacidade para 120 litros. Foi adotado o seguinte procedimento: (a) colocou-se o solo, o cimento e o EVA, esperando-se cerca de 5 min para que houvesse homogeneização do material; (b) com a cuba em movimento adicionou-se a água com um regador, misturando por mais 3 min. Foi feita uma pré-molhagem nas paredes internas da betoneira para evitar que parte da água da mistura fosse por ela adsorvida. Por se tratar de uma mistura que envolve pouca quantidade de água, qualquer perda no seu volume poderia ocasionar modificações nas preparações posteriores.

A moldagem dos tijolos foi realizada em uma prensa de marca SOLOTEST, com acionamento manual e capacidade de fabricação de um tijolo por prensagem. Após a prensagem, os tijolos foram cobertos com lona plástica, por um período de 16 dias) e em seguida estocados à sombra.

A resistência à compressão simples foi determinada aos 28 dias. Dez tijolos de cada mistura foram utilizados para o teste de compressão. Antes do teste os tijolos foram pesados e suas dimensões medidas. Os corpos de prova foram preparados de acordo com a NBR-8492, sendo serrados ao meio e superpostos, e suas faces foram unidas com uma camada fina de pasta de cimento de 2 a 3 mm de espessura. Também foram ensaiados prismas com três tijolos assentados com uma argamassa fluída com 1:1:20 de (cimento: cal: solo), de modo que a junta não ultrapassasse 3 mm de espessura.

Para análise do comportamento dos painéis, foram construídos três painéis, classificadas de acordo com a mistura solo-cimento-EVA na confecção dos tijolos: painel A: 10% de EVA e 10% de cimento; painel B: 0% de EVA e 10% de cimento; painel C: 0% de EVA e 6% de cimento.

Os painéis foram elevados com 13 fiadas de tijolos e instrumentados com cinco extensômetros, um para medir a deformação lateral e dois em cada face para medir a deformação ao longo da altura. No topo dos painéis foi colocada uma viga de concreto, para distribuição uniforme da carga aplicada através de um cilíndrico hidráulico conectado a um pórtico de aço. O ensaio foi

realizado aplicando-se inicialmente uma carga de acomodação, para em seguida aplicar carregamento em ciclos, acompanhando-se a deformação e o comportamento até a ruptura.

3. Resultados e discussão

Uma As características granulométricas do solo utilizado foram: pedregulho (0,3%); areia (57,2%); silte + argila (42,5%); LL (29%); LP (22%) e IP (7%). A umidade ótima foi igual a 16,8% e a massa específica seca de 1.811g/cm³. A massa unitária do resíduo de EVA em pó foi de 280 kg/m³ e absorção de água após 1h foi de 120% e após 24 h foi de 305%.

Na Figura 1 observa-se como a densidade do tijolo decresce com o teor de EVA incorporado. Os resultados referem-se aos valores médios relativos aos tijolos com as três proporções de cimento estudadas. Não foi observada variação da massa específica dos tijolos em relação à quantidade de cimento adicionada.

3.1. Absorção de água pelos tijolos solo-cimento-EVA

Na Tabela 2 é apresentada a absorção de água média de três tijolos para cada mistura após 24 horas de imersão. Percebe-se que existe uma tendência da absorção aumentar à medida que se eleva o teor de EVA. Nota-se também que a absorção d'água aumenta para uma menor quantidade de cimento. A única mistura que a absorção de água ficou abaixo do limite máximo de 20% preconizado pela norma NBR 8491 foi a com 10% de EVA em pó e 10% de cimento.

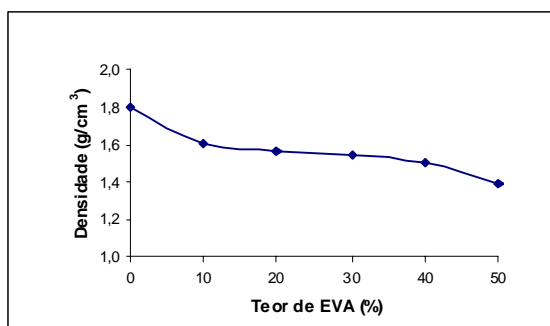


Figura 1 - Densidade de tijolos solo-cimento-EVA.

Valores de incorporação de EVA maiores que 10% conduzem à absorção exagerada, imprópria para elementos construtivos que venham a ter contato com a água.

Tabela 2 - Resultados de absorção de água dos tijolos solo-cimento-EVA

Teor de Pó de EVA (%)	Absorção de água (%)		
	Teor de cimento (%)		
	6	8	10
0	13,5	12,8	12,4
10	22,2	20,7	19,2
20	34,6	33,8	33,2
30	42,4	41,3	38,7
40	47,8	47,4	46,1
50	59,0	55,0	52,0

3.2. Resistência à compressão dos tijolos

Apresenta-se na Figura 2 a resistência à compressão dos tijolos nos quais se variou o teor de cimento em 6, 8 e 10% e o teor de EVA. A adição de EVA fez cair a resistência dos tijolos. Durante a confecção dos tijolos, a partir de 30% de EVA, foi necessário acrescentar maior quantidade de água. Devido às baixas resistências à compressão obtidas em tijolos com incorporação de teores maiores que 10% do resíduo EVA, essas misturas passaram a ser inviáveis para aplicação em alvenarias de vedação.

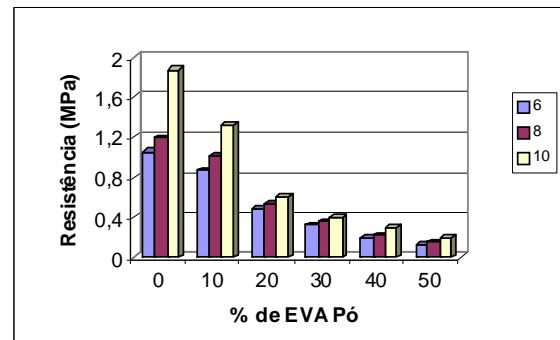


Figura 2 – Resistência à compressão de tijolos em função do teor de cimento e de resíduo de EVA

A Tabela 3 indica um resumo do ensaio de paredes, corpos de prova dos tijolos. Considerou-se a tensão correspondente a área bruta (sem descontar os furos).

Tabela 3 - Resumo da resistência à compressão dos tijolos, prismas e paredes

Paredes	Mistura (%)		Carga de ruptura do painel (kN/m)	Resistência à compressão (MPa)		
	EVA	Cimento		Painel	Prisma	Tijolo
A	10	10	46,90	0,47	0,62	1,20
B	0	10	76,25	0,76	1,70	1,69
C	0	6	51,25	0,51	1,10	1,06

É interessante mostrar que, quando não se tem EVA incorporado, a resistência do prisma é praticamente igual à do tijolo. Com a presença do resíduo a resistência do prisma reduziu-se para cerca da metade da resistência do tijolo. Isto pode ser justificado pelo fato de as partículas de EVA em pó não apresentarem uma boa aderência com a matriz solo-cimento e a incorporação de ar durante o processo de mistura.

O prisma apresentou altura até 33% superior àquela das duas metades de tijolo que constituem o corpo de prova do ensaio à compressão simples. Assim, o efeito do confinamento provocado pelo prato da máquina de ensaio se faz sentir menos provavelmente nos prismas. Devido ao coeficiente de Poisson, o tijolo central do prisma ficou submetido a tensões de tração transversais, e como a aderência da matriz com as partículas de borracha foi pequena, apareceram fissuras para tensão mais baixo, levando a ruptura prematura da parede.

A tensão média nos painéis quando ocorreu à ruptura foi sempre inferior à resistência medida nos corpos de prova. Um dos motivos que contribuíram para essa diferença é que nos ensaios ocorreram pequenas excentricidades de cargas. Assim, a tensão máxima que de fato ocorre é superior à tensão média indicada. Outro motivo é o fato de que a parede apresenta uma esbelteza superior àquela do

corpo de prova no qual se determinou a resistência do tijolo.

Os ciclos de cargas utilizados nos testes com os painéis foram: painel A - o primeiro ciclo foi até 18,75 kN, o segundo até 37,5 kN e o terceiro até a ruptura; Para painel B - primeiro ciclo foi até 15 kN e o segundo até a ruptura; painel C - o primeiro ciclo foi até 15 kN, o segundo até 45 kN e o terceiro até a ruptura.

No painel A (10% de cimento e 10% de EVA) após o primeiro ciclo de carga correspondente a 18,7 kN/m praticamente não houve deformação residual, esta só aparecendo no segundo ciclo de descarregamento (após 31,5 kN/m). As deformações horizontais só são perceptíveis para cargas superiores à 12,5 kN/m do (primeiro ciclo) correspondente a aproximadamente 1/4 da carga de ruptura (Figura 3). Durante o ensaio observou-se que no primeiro e no segundo ciclo de carregamento e descarregamento não houve aparecimento de fissuras. Estas só foram detectadas a partir do terceiro ciclo quando se atingiu a carga de 37,5 kN/m correspondente a 30 kN. Com a carga de 46,9 kN/m cerca de 37,5 kN iniciou-se o processo de separação da parte superficial de alguns tijolos e a separação da argamassa do tijolo entre a quinta e sexta fiada da parte superior.

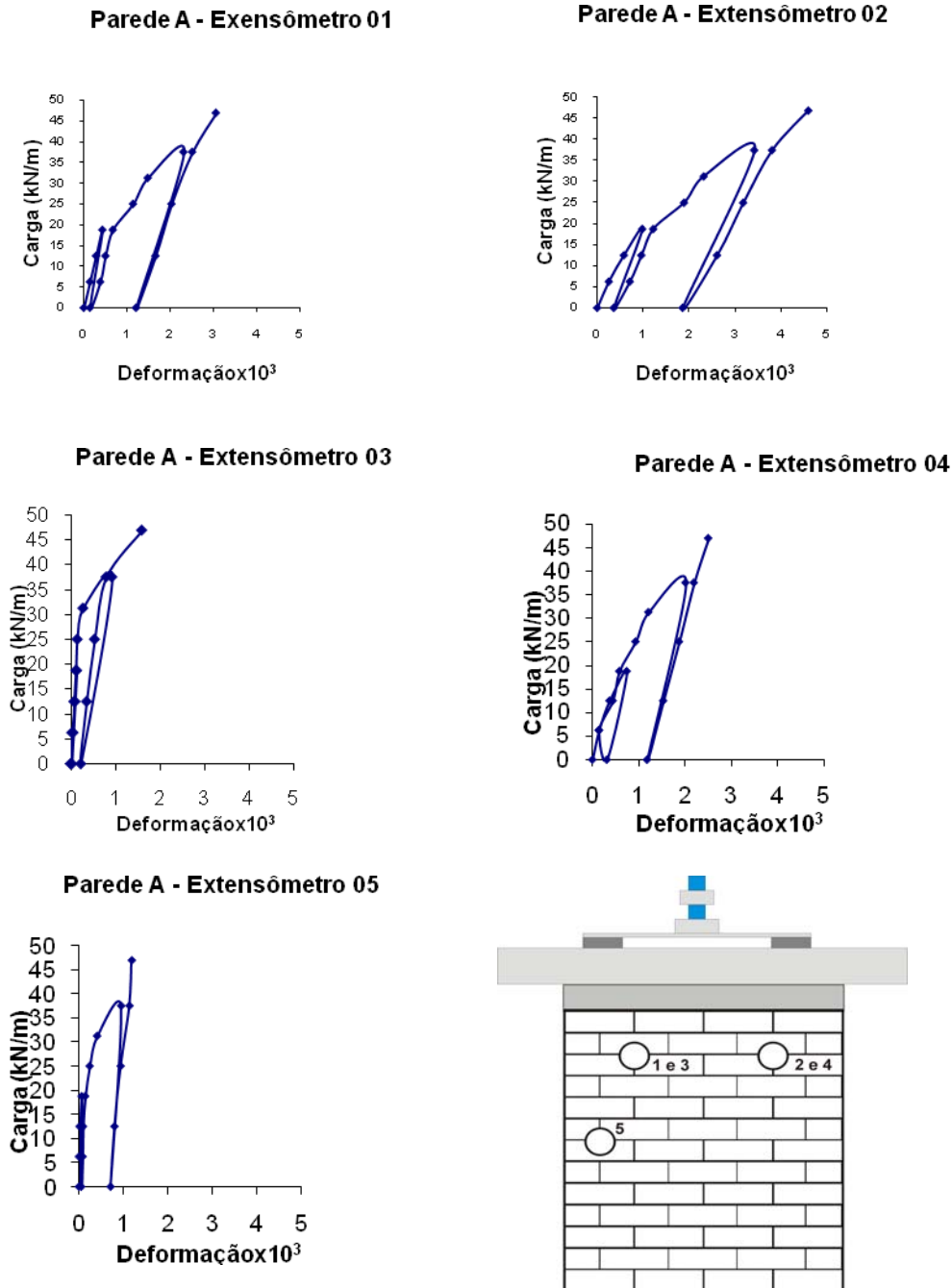


Figura 3 - Curvas carga deformação do painel A (10% de EVA com 10% de cimento)

4. Conclusões

A incorporação de resíduos de EVA em pó em misturas solo-cimento-EVA só foi possível até o teor de 50% em volume. Teores acima de 50% são difíceis de serem misturadas devido à baixa trabalhabilidade, sendo necessária a incorporação de aditivos fluidificantes.

A resistência dos tijolos diminui à medida que se aumenta o teor volumétrico de resíduo de EVA;

Os tijolos, prismas e painel confeccionados em solo-cimento-EVA na proporção de 80% de solo, 10% de cimento e 10% de resíduo de EVA em pó obtiveram resistência à compressão acima de 1MPa, podendo ser utilizados para alvenaria de vedação sem fim estrutural.

Referências

- [1] John, V. M Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. São Paulo. 2000.

113p – Tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Livre Docente.

- [2] Garlet, G.; Greven, H. A. Aproveitamento de resíduos de E.V.A. da indústria de calçadista na construção civil. Workshop Sobre Reciclagem e Reutilização e de Resíduos como Material de Construção, São Paulo, 25-26 nov., 1996. Anais. São Paulo: EPUSP/ANTAC, p. 87-92.
- [3] Barbosa, N. P.; Mattone, R. Construção com terra. In: I Seminário Ibero – Americano de Construção com Terra. Salvador, 16 – 18 set.; 2002. p. 79-97.
- [4] Casa Nova, F. Tijolos de solo-cimento - Uma alternativa que une economia para a solução do problema habitacional. Disponível em <<http://www.unilivre.org.br>>. Acesso em 20 out. 2001.
- [5] John, V. M. Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil. Disponível em : <<http://www.reciclagem.pcc.usp.br>>. Acesso em 20 nov. 2001.
- [6] Rolim, M. M.; Freire, W. J.; Beraldo, A. L. Análise comparativa da resistência à compressão simples de corpos de prova, tijolos e painéis de solo-cimento. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande-PB. UFPB. Vol. 3, 1999. p. 93-98.