



**ENTAC2006**

**A CONSTRUÇÃO DO FUTURO** XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

## **AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO MECÂNICO DE BLOCOS E.V.A. – UMA ALTERNATIVA ÀS ALVENARIAS DAS CONSTRUÇÕES.**

**Rômulo S. Polari Filho (1); Aluísio Braz de Melo (2); Maíra M. Feitoza (3); Marçal Rosas. F. L. Filho (4)**

(1) Engenheiro Civil, Mestre pela Universidade Federal da Paraíba – PPGEU/CT/UFPB; Brasil – e-mail: polarifilho@hotmail.com

(2) Professor do Departamento de Arquitetura, Centro de Tecnologia; Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Brasil – e-mail: aluisiobraz@jpa.neoline.com.br

(3) Arquiteta e Urbanista pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Brasil – e-mail: mairarq@hotmail.com

(4) Engenheiro Civil, mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Brasil – e-mail: marcal\_civil@hotmail.com

### **RESUMO**

**Proposta:** Este trabalho trata do problema da geração de resíduos no setor calçadista. Tomando a construção civil como receptora desse resíduo e levando em conta o seu aproveitamento como agregado leve na produção de bloco de vedação, busca-se, nesse artigo, estabelecer a resistência à compressão mínima aceitável para os pré-moldados. **Método de pesquisa/Abordagens:** Foi desenvolvido um estudo considerando três variáveis: dimensões do bloco EVA; dosagem do compósito leve e processo de moldagem. Os traços utilizados foram 1:3 e 1:5 (cimento: agregados, em volume), substituindo o agregado natural pelo leve (resíduos E.V.A.), numa faixa entre 60% e 80%. Um dos blocos foi moldado manualmente em forma metálica e os outros em máquina do tipo vibro-prensa. Para a avaliação de desempenho mecânico, foram realizados ensaios de resistência à compressão dos blocos EVA, bem como dos painéis EVA (1,20m x 2,50m). **Resultados:** Os resultados alcançados na resistência à compressão, aos 28 dias, para o bloco E.V.A. variam de 1,3 MPa a 3,3 MPa, sendo o maior valor da resistência correspondente ao menor teor de E.V.A. (60%). O processo de moldagem manual tem efeito reduzindo a resistência à compressão do pré-moldado. A redução no consumo de cimento associada à redução do teor de EVA não alterou a resistência à compressão do bloco. Para os painéis os desempenhos foram aceitáveis, confirmando uma relação direta entre maior eficiência e o aumento do teor de EVA, atingindo-se uma resistência à compressão máxima de 1,70 MPa, quando executados com os blocos EVA1 (60%). À luz desses dados, há fortes indicativos de que a resistência mínima pode ser inferior aos 2,5MPa exigidos pela norma para blocos de concreto simples. **Contribuição/Originalidade:** Com o presente trabalho espera contribuir para o aumento da credibilidade dos processos de reciclagem, a redução dos impactos ambientais e oferecer uma boa alternativa às alvenarias nas construções.

**Palavras-chave:** resíduos de E.V.A., blocos de vedação, painéis de vedação, resistência à compressão, cimento Portland.

### **ABSTRACT**

**Proposal:** This work deals with relative questions to the entailed problem to the shoe sector. Taking the civil construction as receiving of the residue in question and taking in account its using to advantage as lightweight aggregate in the production of masonries blocks, we tried, in this article, supported in an evaluation of mechanical performance, to establish the acceptable minimum strength for the blocks. **Method of research/Boardings:** A study was developed considering three variable: dimensions of EVA block; dosage of the light mixture and molding process. The used mixtures had been 1:3 and 1:5 (cement:aggregates, in volume), substituting the natural aggregate

for the lightweight one (E.V.A. residues), in a band between 60% and 80%. One of the blocks was molded manually in a metallic form and the others in a machine that vibrates and presses. For the evaluation of mechanical performance, assays for determination of compressive resistance of blocks EVA had been carried through, as well as of panels EVA (1,20m x 2,50m). **Results:** The results found in the compressive strength, to the 28 days, for E.V.A. block vary of 1,3 MPa the 3,3 MPa, where the biggest value of the resistance corresponds to the lesser text of E.V.A. (60%). The process of manual molding has effect of reduction in the value of the compressive resistance of the block. The reduction in the cement consumption associated with the reduction of the quantity of EVA in the mixture did not modify the compressive resistance of the block. For the panels the performances had been acceptable, confirming a direct relation between bigger efficiency and the increase of the quantity of EVA, reaching a maximum compressive strength of 1,70 MPa, when executed with EVA1 blocks (60%). In accordance with these data, the minimum resistance can be inferior to 2,5MPa demanded by the norm for blocks of simple concrete. **Contribution:** With the present work it waits to contribute for the increase of the credibility of the recycling processes, the reduction of the ambient impacts and to offer a good alternative to the masonries in the constructions.

**Key-words:** residues of EVA, sealing blocks, sealing panels, compressive resistance, Portland cement.

## 1 - INTRODUÇÃO

Dentre as várias formas de processamento e destinação final do lixo, a reciclagem dos resíduos recuperáveis, defendida por entidades ambientalistas, vem obtendo crescente aceitação em todo mundo. Na indústria calçadista, o problema da geração de resíduos tem-se agravado. Na verdade, durante a fabricação, para se chegar aos formatos dos calçados, obtém-se sobras e retalhos inevitáveis. Constitui-se, portanto, característica típica dessa atividade industrial, a geração de grande quantidade de resíduo. Segundo GARLET e GREVEN (1996) A maior parte dessas sobras não serve para ser utilizada na própria indústria, daí o seu acúmulo crescente com o crescimento econômico do setor calçadista.

Com base nisso e associado ao fato da construção civil apresentar um elevado potencial absorvedor de resíduos, projetos de pesquisa vêm sendo desenvolvidos, buscando mostrar a viabilidade da reciclagem do resíduo proveniente da fabricação de sandálias (EVA – Etileno Acetato de Vinila) na produção de blocos leves de vedação (bloco EVA) para aplicação na construção civil.

Acredita-se existir um potencial de utilização para os blocos EVA na região de João Pessoa/PB, tendo em vista o seu processo acelerado de verticalização, com surgimento de alguns edifícios com até 30 pavimentos, em alguns bairros dentro do perímetro urbano. Percebe-se que não há uso de blocos de concreto convencional para realizar a vedação das paredes dessas construções. Isso sugere a existência de mercado propício a investimentos voltados à produção dos blocos alternativos (bloco EVA). Este novo bloco pretende associar à função de vedação, um provável conforto térmico e leveza, agregando características adicionais as encontradas nos blocos comumente utilizados, tornando-o, dessa forma, mais competitivo.

Cabe, ainda, considerar os ganhos de produtividade de mão-de-obra na execução de painéis, utilizando elementos com dimensões maiores, confeccionados com compósitos leves. Além disso, pode-se ter uma maior flexibilidade para a execução de paredes divisórias mais leves, apoiadas diretamente sobre lajes. Pode-se ressaltar, ainda, o alívio de carga promovido pela redução do peso próprio da alvenaria sobre a estrutura de concreto armado dos edifícios. É importante destacar que as propriedades técnicas dos componentes confeccionados com agregados leves tendem a melhorar o conforto térmico das edificações, que é algo bem vindo nas regiões de temperaturas altas, como o Nordeste do Brasil.

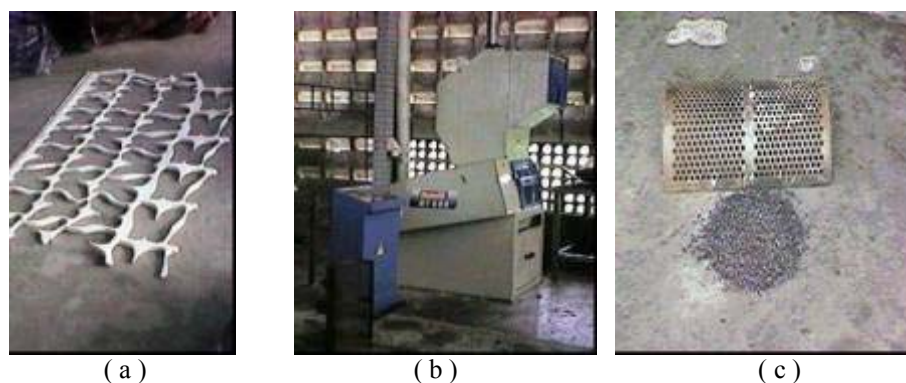
Nesse artigo, apoiado num estudo experimental<sup>1</sup> que avalia o desempenho mecânico, procura-se estabelecer a resistência à compressão mínima aceitável para os pré-moldados alternativos propostos (bloco EVA), utilizando os resíduos da indústria de calçados como agregado leve sintético.

## 2 - ESTUDO EXPERIMENTAL

### 2.1 - Materiais Utilizados

O agregado artificial de EVA foi obtido através de um processo simples de trituração dos retalhos e refugos de placas e solas provenientes da indústria de calçados (Figura 1). Para tanto, utilizou-se um moinho do tipo granulador, dotado de uma peneira de malha circular com dez milímetros de diâmetro. Desse processo, obteve-se o agregado artificial de E.V.A. na granulometria pré-definida ( $D_{máx} = 9,5\text{mm}$ ), conforme a Tabela 1.

Optou-se pela utilização desse agregado ( $D_{máx} = 9,5\text{mm}$ ), após uma análise prévia na literatura, GARLET (1998) e BEZERRA (2002), onde se constatou que os blocos produzidos com um concreto leve que utiliza esse tipo de agregado, apresentaram um bom desempenho mecânico. Tal fato, associado aos baixos custos de produtividade e beneficiamento deste agregado, quando comparados com os demais estudados por aqueles autores ( $D_{máx} = 4,8\text{ mm}$ ,  $6,3\text{ mm}$  e  $12,5\text{ mm}$ ), foram decisivos na escolha de tal agregado ( $D_{máx} = 9,5\text{ mm}$ )



**Figura 1 – Detalhes dos retalhos das placas ( a ), do moinho triturador ( b ), da peneira e do agregado artificial de EVA resultante do processo ( c ).**

**Tabela 1 – Propriedades dos agregados artificial (E.V.A.) e natural (AREIA)**

Propriedades	Agregados E.V.A.	Areia
Massa unitária em estado solto ( $\text{kg/m}^3$ )	107,15	1.638,27
Dimensão máxima (mm)	9,5	2,4
Módulo de finura	5,83	1,92

O agregado miúdo utilizado durante todo este trabalho foi a areia fina (origem quartzo), tendo sido extraída do Rio Caxitu (Paraíba), possuindo características conforme Tabela 1. Considerou-se como critério para seleção da areia o teor de material fino representado por um percentual acumulado de 50% retido entre as peneiras #0,30mm e #0,15mm, o que é importante para melhorar o acabamento da superfície do bloco. O cimento utilizado foi o CPIIZ-32 RS, que é de modo geral

um cimento recomendado para as obras de engenharia civil, bem como para a produção de elementos vazados, elementos pré-moldados e artefatos de cimento. Este cimento é composto e contém um teor de 12% de pozolana, o que o torna resistente ao sulfato, cujas características físicas principais são: finura na malha 200=1,9%; massa unitária=1,195g/cm<sup>3</sup>; início de pega 1:38 horas:min e resistência à compressão aos 28dias=38,2MPa. A água empregada na produção dos blocos foi a fornecida pelo sistema de abastecimento local.

## 2.2 - Metodologia

Com base em estudos desenvolvidos na UFPB, selecionaram-se três tipos de Blocos específicos, aqui denominados: EVA1, EVA2 e EVANG, os quais apresentam as características conforme a Tabela 2.

Para o Bloco EVA 1, de dimensões 9cm x 19cm x 39cm (POLARI FILHO, 2005), utilizamos quatro compósitos aqui denominados de C1,C2,C3 e C4. Na mistura (compósito) C1, utilizou-se o traço 1:3 (cimento:agregados, em volume) e um teor de 60 % de agregado artificial leve de EVA em substituição ao agregado natural (areia). Para a mistura C2, adotou-se o mesmo traço em volume, porém aumentou-se o teor de incorporação do agregado leve de EVA para 70% e, de maneira análoga, para 80% na mistura C3. Para o compósito C<sub>4</sub>, utilizou-se o traço 1:5 (cimento:agregados, em volume) com 60% de incorporação do agregado artificial de EVA em substituição ao agregado natural (areia).

**Tabela 2 – Compósitos utilizados e respectivos teores de substituição de agregado de EVA para os três tipos de blocos avaliados.**

Tipo de bloco	Compósito	Traço (em volume)	Relação água/cimento	Aglomerante	Agregado	
					Miúdo Areia	Graúdo EVA
<b>EVA1</b> 9cm x 19cm x 39cm	C <sub>1</sub>	1:3	0,42	1	1,2 (40%)	1,8 (60%)
	C <sub>2</sub>			1	0,9 (30%)	2,1 (70%)
	C <sub>3</sub>	1:5	0,60	1	0,6 (20%)	2,4 (80%)
	C <sub>4</sub>			1	2,0 (40%)	3,0 (60%)
<b>EVA2</b> 14cm x 19cm x 39cm	C <sub>5</sub>	1:5	0,51	1	1,0 (20%)	4,0 (80%)
<b>EVANG</b> 11,5cm x 26,5cm x 59cm	C <sub>6</sub>	1:3	0,40	1	0,6 (20%)	2,4 (80%)

Para o Bloco EVA 2, de dimensões 14cm x 19cm x 39cm, utilizamos um compósito aqui denominado de C5. Na mistura C<sub>5</sub> utilizou-se o traço 1:5 (cimento:agregados, em volume) e um teor de 80 % de agregado artificial leve de EVA em substituição ao agregado natural (areia).

Para o Bloco EVANG, de dimensões 11,5cm x 26,5cm x 59cm (PIMENTEL, 2005), utilizamos um compósito aqui denominado de C6. Na mistura C<sub>6</sub>, utilizou-se o traço 1:3 (cimento:agregados, em volume) e um teor de 80 % de agregado artificial leve de EVA em substituição ao agregado natural (areia).

O blocoEVANG foi moldado manualmente em forma metálica e os outros em máquina do tipo vibro-prensa. Para a avaliação de desempenho mecânico, foram realizados ensaios para determinação de resistência à compressão dos blocos EVA, bem como dos painéis EVA (1,20m x

2,50m). Portanto, as variáveis consideradas nessa avaliação foram as dimensões dos blocos EVA, a dosagem do compósito leve (consumo de cimento e teor de EVA nas misturas) e processo de moldagem.

### *2.2.1 -Preparo dos compósitos*

O agregado artificial de EVA é um material de baixa densidade e com característica esponjosa, e ao entrar em contato com a água de amassamento da mistura, ele tende a absorver uma certa quantidade de água. Tal fato poderá prejudicar a trabalhabilidade da mistura e, até mesmo, promover uma provável redução da água disponível e necessária às reações de hidratação do cimento. Por isto, o agregado de EVA foi imerso em água antes da preparação da mistura. Segundo BEZERRA (2002), o tempo de imersão foi determinado em 30 minutos, suficiente para se garantir um bom umedecimento do agregado. Para evitar dúvida sobre a quantidade de água existente na mistura, decidiu-se medir a quantidade de água que o agregado leve continha devido à pré-molhagem. Para isso realizou-se o seguinte procedimento: 1 - colocou-se a quantidade em massa (conforme traço desejado) de agregado de EVA em um balde; 2 - pesou-se o conjunto agregado seco + balde; 3 - encheu-se o balde com água, deixando a amostra imersa em água durante 30 minutos; 4 - retirou-se a água não absorvida pelo agregado com o uso da tela de nylon impedindo a saída do agregado; 5 - pesou-se o conjunto agregado + balde + água absorvida; 6 - finalmente, pela diferença, determinou-se a quantidade de água que o agregado de EVA continha. De tal forma, a relação água/cimento em todas as misturas utilizadas, refere-se à soma da água pré-absorvida pelo agregado leve de EVA, na etapa de pré-molhagem, e à água complementar adicionada na betoneira. Para a moldagem dos blocos EVA 1 e EVA 2 utilizou-se uma máquina manual de movimento semi-automático, do tipo vibro-prensa da marca ATLÂNTICA MAQ no modelo industrial E321 e para o bloco EVANG o processo foi manual onde o material foi colocado no interior da fôrma metálica em camadas, sendo adensada manualmente por meio de um martelo de borracha, batendo na lateral externa da fôrma e compactando o material também manualmente com um soquete metálico. Em seguida, a fôrma metálica foi tombada, fazendo um giro de 180° em torno de um eixo imaginário longitudinal (inversão topo/fundo), para que se desse o início ao processo de desmoldagem.

A cura dos blocos EVA 1 e EVA 2 iniciou-se imediatamente após a sua desmoldagem. Após desmoldados, os blocos foram imediatamente levados para a cura inicial em uma câmara úmida ( $T=28^{\circ}\text{C}$ ), onde permaneceram por um período de 24 horas. Após esse período, os blocos seguiram para os tanques de cura para continuar o regime de cura por imersão em água. Para o bloco EVANG, este recém desmoldado ficou estocado no galpão em ambiente de laboratório, por um período de cerca de 24 horas, quando seguiram para o processo de cura por imersão em água até as idades de controle (7 dias e 28 dias).

### *2.2.2 - Execução dos Painéis EVA*

Os blocos EVA 1 e EVA 2 depois de retirados dos tanques de cura, aos seis dias de idade, foram encaminhados ao ambiente interno do laboratório. Em seguida, 6 (seis) amostras de cada tipo de bloco foram separados e destinados aos ensaios de compressão. O restante dos blocos foi reservado à execução de cada painel. De tal forma, no momento da execução de cada painel, os blocos EVA utilizados estavam com sete dias de idade. Para a execução dos referidos painéis foi utilizada uma argamassa mista de cimento, cal e areia no traço 1:1:6 (cimento:cal hidratada:areia, em volume). Cada painel possuía 120 cm de comprimento, 250cm de altura, sendo a largura variável em função da largura dos blocos 9cm, 11,5cm e 14cm. Com o objetivo de controlar o prumo vertical bem como a espessura das juntas de assentamento horizontais na execução dos painéis utilizou-se o auxílio de escantilhão (Figura 2). Acima da última fiada de blocos, para completar a altura da parede, confeccionou-se uma cinta de concreto, com a mesma largura e espessura da parede, sendo sua altura de 0,125m, para receber a força da prensa e distribuí-la uniformemente sobre a parede. A

parede recebeu pintura a cal para facilitar a observação das fissuras durante o ensaio de resistência à compressão, que foi realizado após 28 dias de sua confecção.



**Figura 2 - Detalhe da execução do painel com bloco EVA1 e painel com bloco EVANG, ambos com utilização de escantilhão.**

Para a execução do ensaio de compressão da parede, observaram-se os cuidados que são estabelecidos na Norma (NBR 8949/1982).

### *2.2.3. - Determinação da resistência à compressão dos painéis EVA*

Após vinte e oito dias de sua execução, os painéis foram submetidos ao ensaio de compressão (Figura 3). Tal prazo foi estipulado em função do período de maturação da argamassa de assentamento. Na realização do ensaio de compressão dos painéis utilizou-se uma prensa hidráulica elétrica para acionar macacos de duplo efeito, referência I-4079, da marca CONTENCO, seguindo todas as recomendações da norma NBR 8949.



**Figura 3 - Detalhe dos painéis prontos para serem ensaiados à resistência a compressão.**

Buscou-se também, nesse trabalho, de forma pioneira, determinar os parâmetros de eficiência para os painéis EVA. Segundo RAMALHO e CORRÊA (2003), a eficiência de um painel é um parâmetro muito importante quando se trata da análise da influência da resistência à compressão da unidade (bloco ou tijolo) na resistência à compressão da alvenaria. Dessa forma, com os resultados dos ensaios de resistência à compressão dos Painéis EVA e dos blocos EVA, obtidos nesse

trabalho, determinou-se a eficiência dos referidos painéis através da seguinte equação, sendo  $E$ : Eficiência do painel;  $f_c \text{ Painel}$ : Resistência à compressão do painel aos 28 dias e  $f_c \text{ Unidade}$ : Resistência da unidade utilizada na execução do painel, aos 28 dias.

$$E = \frac{f_c \text{ Painel}}{f_c \text{ Unidade}} \quad (\text{eq.1})$$

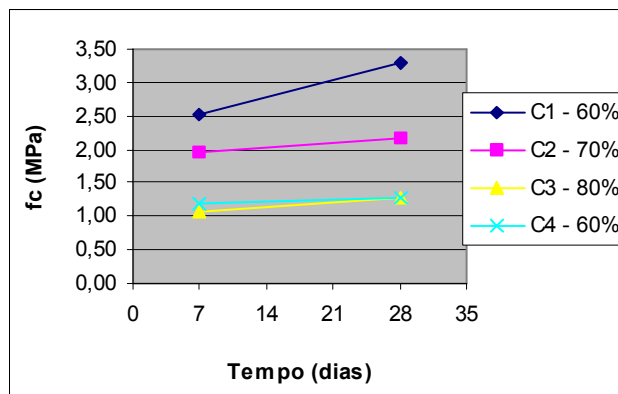
### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 - Resistência à compressão dos blocos EVA e painéis

Na Figura 5 são apresentados os resultados do ensaio de resistência à compressão dos blocos EVA para os compósitos: C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub>.

Da Figura 5, pode-se constatar que a resistência à compressão dos blocos EVA1 é inversamente proporcional ao teor de incorporação do agregado de EVA no compósito. O valor máximo de resistência à compressão atingido pelo bloco EVA1 foi de 3,28 MPa (compósito C<sub>1</sub>), ensaiados na idade de controle de vinte e oito dias.

Deve-se lembrar que apenas o bloco EVA1 (compósito C<sub>1</sub>) alcançou e ultrapassou o valor mínimo, que é de 2,5 MPa, exigido por norma para blocos de concreto simples (NBR 7173). Porém, deve-se lembrar que os blocos EVA são componentes construtivos alternativos sem normas específicas para eles. Portanto, é importante perguntar-se: Qual deverá ser a resistência à compressão mínima que deve ter esse bloco alternativo (EVA), levando em conta o seu comportamento mecânico diferente? De fato, os blocos EVA são muito dúcteis comparativamente aos blocos de concreto. Este trabalho pretende contribuir para essa resposta.



**Gráfico 1 – Resistência à compressão dos blocos EVA1 produzidos com os compósitos C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub>.**

Apresenta-se a seguir (Tabela 3) o resumo dos resultados para todos os blocos e painéis ensaiados considerando as variáveis estabelecidas.

Considerando-se apenas o aumento na largura do bloco (comparação entre os compósitos C<sub>3</sub> e C<sub>5</sub> ou bloco EVA1 e EVA2) e, conseqüentemente da largura do painel, a eficiência do painel é mantida apesar da redução no consumo de cimento na fabricação dos blocos (1:3 e 1:5, respectivamente). Nos painéis atingiu-se uma resistência à compressão máxima de 1,70 MPa, quando executados com os blocos EVA1 (60% - compósito C<sub>1</sub>), sendo 0,79 a maior eficiência encontrada, para os painéis executados com blocos EVA1 (80% - compósito C<sub>3</sub>).



**Tabela 3 – Resultados para os três tipos de blocos e painéis avaliados.**

Tipo de bloco	Compósito	Traço (em volume)	Teor de EVA nas mistura	Eficiência	Resistência à compressão aos 28 dias	
					Bloco	Painel
			%		MPa	MPa
<b>EVA1</b> 9cm x 19cm x 39cm	<b>C<sub>1</sub></b>	1:3	60	0,52	3,28	1,70
	<b>C<sub>2</sub></b>		70	0,64	2,18	1,39
	<b>C<sub>3</sub></b>	1:5	80	0,79	1,29	1,03
	<b>C<sub>4</sub></b>		60	-	1,30	-
<b>EVA2</b> 14cm x 19cm x 39cm	<b>C<sub>5</sub></b>	1:5	80	0,76	0,52	0,40
<b>EVANG</b> 11,5cm x 26,5cm x 59cm	<b>C<sub>6</sub></b>	1:3	80	1,12	0,82	0,92

A combinação entre as variáveis das dimensões do bloco (9cm x 19cm x 39cm *versus* 11,5cm x 26,5cm x 59cm) e do processo de moldagem (máquina vibro-prensa *versus* manual em forma metálica), que pode ser analisada através da comparação entre os resultados obtidos com os blocos EVA1 (C3) e bloco EVANG (C6), teve efeito reduzindo o valor de resistência à compressão do pré-moldado em 36%, para o mesmo teor de EVA em 80%. Tal o fenômeno está mais diretamente ligado ao processo de moldagem do que na variação dimensional, considerando a grande diferença entre os processos de vibração e compactação dos compósitos nas respectivas formas metálicas.

Tendo como base o desempenho dos blocos EVA1, com os compósitos C1, C2, C3, e C4, pode-se admitir que a resistência à compressão média de 1,0MPa, para o bloco EVA, seja um bom parâmetro para a Norma. Nessa análise pode-se, então, considerar a utilização do compósito C<sub>4</sub> na produção dos blocos EVA1, uma vez que este compósito proporciona, aos blocos com ele produzidos, uma resistência à compressão média (1,30MPa), próxima a do bloco EVA1 (C3), que apresentou a maior eficiência, conforme Tabela 3. Este fato tem importância pelo fato de reduzir o consumo de cimento no processo de fabricação dos blocos EVA1 propostos.

Diante dessa hipótese, e sabendo-se que o objetivo final da produção de blocos é a sua utilização em painéis e não a sua utilização isoladamente, torna-se pertinente o questionamento do valor mínimo exigido para a resistência à compressão do bloco EVA, uma vez que não existe norma específica para ele. Analisando-se o fato de que os painéis executados com blocos EVA1 com uma resistência a compressão próxima de 1,0MPa apresentaram uma carga de ruptura por metro linear de aproximadamente 9300 Kgf, pode-se admitir que essa resistência, para o bloco EVA1, seja um bom parâmetro para uma norma que ainda está por ser elaborada. É oportuno lembrar, todavia, que para obras residenciais correntes, de até dois pavimentos (térreo mais dois pavimentos), a carga atuante na alvenaria de vedação mais solicitada gira em torno de 8.000 Kgf por metro linear.

Na Tabela 3 pode-se observar também que as maiores eficiências foram conseguidas com os painéis com blocos EVA 80% (C3, C5 e C6). Esses resultados demonstraram que, para a eficiência do sistema como um todo (painel), os parâmetros de deformação dos componentes (argamassa de assentamento e blocos EVA) são muito mais importantes do que os da resistência. Como uma das variáveis do sistema foi mantida constante, já que foi utilizada uma única argamassa de assentamento para todos os painéis EVA ( $f_{c28} = 5,15\text{MPa}$ ), os painéis executados com blocos EVA mais deformáveis (com 80% de EVA), ou seja, que apresentam, provavelmente, um módulo de elasticidade menor quando comparados com os outros compósitos, e mais próximo do da argamassa de assentamento, conferiram maior eficiência ao painel.



#### 4 - CONCLUSÃO

De uma maneira geral os blocos EVA aqui produzidos apresentaram boas condições de produção e manuseio, alcançando valores satisfatórios de resistência à compressão aos 28 dias. Apesar de apenas o bloco EVA1 com 60% de agregado de EVA e traço 1:3 (cimento:agregados, em volume) ter alcançado o valor mínimo exigido por norma para blocos de concreto simples, pode-se dizer que blocos EVA com resistências próximas a 1,0 MPa apresentam desempenho mecânico satisfatório de forma a serem utilizados como componentes construtivos alternativos e ecologicamente corretos, para as alvenarias de vedação. Portanto, à luz desses dados, há fortes indicativos de que a resistência mínima pode ser inferior aos 2,5MPa exigidos pela norma para blocos de concreto simples. Em geral, considerando todos os blocos avaliados, os resultados alcançados na resistência à compressão, aos 28 dias, para o bloco E.V.A. são viáveis conforme o teor E.V.A. presente nas misturas, sendo o maior valor da resistência correspondente ao menor teor de E.V.A. (60%).

O processo de moldagem manual, com menor compactação e vibração do compósito no interior da forma, têm efeito reduzindo o valor de resistência à compressão do pré-moldado, para o mesmo teor de EVA, porém não chega a comprometer o desempenho mecânico dos elementos produzidos. Quando há redução no consumo de cimento associada à redução do teor de EVA presente na mistura é possível não alterar a resistência à compressão do bloco, o que favorece a viabilização econômica do processo.

Os desempenhos de todos os painéis foram aceitáveis, confirmando uma relação direta entre maior eficiência e o aumento do teor de EVA. Em geral, os painéis suportaram cargas por metro linear superior àquelas atuantes em alvenaria de vedação nas construções.

Com o presente trabalho espera-se contribuir para o aumento da credibilidade dos processos de reciclagem e, ao mesmo tempo, para a redução dos impactos ambientais gerados, seja pela disposição inadequada de tais resíduos em nossas cidades, seja pela possibilidade de redução de consumo de recursos naturais na construção civil. Além disso, de uma maneira geral, espera-se oferecer uma boa alternativa às vedações nas construções de edifícios residenciais.

#### 5 – REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Agregado em estado solto – Determinação da massa unitária – **NBR 7251**. Rio de Janeiro, 1982;

\_\_\_\_\_. Agregados - Determinação da composição granulométrica - **NBR 7217**. Rio de Janeiro, 1987;

\_\_\_\_\_. Blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural Determinação da resistência à compressão - **NBR 7184**. Rio de Janeiro, 1992;

\_\_\_\_\_. Blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural - **NBR 7173**. Rio de Janeiro, 1992;

\_\_\_\_\_. Paredes de alvenaria estrutural - Ensaio à compressão simples. - **NBR 8949**. Rio de Janeiro, 1985;

BEZERRA, A. J. V. **Utilização do resíduo da indústria de calçados (EVA – Etileno Acetato de Vinila) como agregado leve na produção de blocos vazados de concreto para alvenaria sem função estrutural**, Dissertação de Mestrado, UFPB/CCT, 2002;

GARLET, G. & GREVEN, H. A. Aproveitamento de resíduos de E.V.A. da indústria calçadista na construção civil. **Anais** do Workshop sobre Reciclagem e reutilização de resíduos como materiais de construção civil. ANTAC - PCC /USP, São Paulo, 1996;

GARLET, G. **Aproveitamento de resíduos de E.V.A. (Ethylene Vinyl Acetate) como agregado para concreto leve na construção civil.** Porto Alegre, 1998. 146p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul;

PIMENTEL, U. H. O. **Utilização de resíduos da indústria de calçados em blocos de vedação com novas geometrias – Bloco EVANG.** Dissertação de Mestrado – PPGEU/CT/UFPB, 2005;

POLARI FILHO, R. S. **Contribuição ao Processo de Reciclagem dos Resíduos da Indústria de Calçados na Construção Civil: Bloco EVA** - Uma alternativa às alvenarias das construções. Dissertação de Mestrado – PPGEU/CT/UFPB, 2005.

RAMALHO, M. A. e CORRÊA, M. R. S. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural.** São Paulo: PINI, 1 ed. 2003.

## **6 – AGRADECIMENTOS**

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e da Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba (FAPESQ) pelo apoio financeiro que a presente pesquisa tem recebido.

---