



UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE CALÇADOS EM BLOCOS DE VEDAÇÃO COM NOVAS DIMENSÕES - LEVEZA E PRODUTIVIDADE

Ubiratan H. O. Pimentel (1), Fabiano M. D. Rocha (2), Aluísio Braz de Melo (3)

- (1) Professor MSc. Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal da Paraíba, Brasil – e-mail: ubiratan@ufpb.br
(2) Mestrando em Engenharia Urbana – Universidade Federal da Paraíba, Brasil – e-mail: fabiano-melo@uol.com.br
(3) Professor Dr. Departamento de Arquitetura e Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana – Universidade Federal da Paraíba, Brasil – e-mail: aluisiobraz@jpa.neoline.com.br

RESUMO

Proposta: A consolidação do uso de resíduos produzidos pela indústria de calçados (aparas da produção de solas e palmilhas obtidas a partir de mantas de E.V.A. - Etileno Acetato de Vinila) na construção civil tem sido meta de pesquisas recentes. Sabe-se que tais resíduos têm grande potencial para serem empregados como agregados artificiais sintéticos leves, em substituição aos agregados naturais, na elaboração de compósitos cimentícios. O objetivo deste artigo foi utilizar esse resíduo como agregado leve na confecção de vedações, utilizando blocos com dimensões não-convencionais (bloco EVANG). **Método de pesquisa/Abordagens:** Projeto do bloco EVANG considerando as propriedades do compósito e modulação das construções; determinação do teor de agregado leve a ser incorporado; determinação da resistência à compressão do bloco EVANG e das alvenarias executadas com os mesmos, considerando as peculiaridades do compósito utilizado e o processo manual de confecção dos blocos em forma metálica, estabelecido nos experimentos. **Resultados:** os blocos projetados nas dimensões: 59,0 cm x 26,5 cm x 11,5 cm (conforme estudo de modulação), são bastante dúcteis com resistência à compressão média, aos 28 dias, variando de 0,82 MPa até 1,66 MPa, utilizando-se de 80% até 60% de resíduo de E.V.A. em substituição aos agregados naturais, ressaltando que o bloco não tem função estrutural; as alvenarias submetidas a cargas verticais tiveram bom desempenho atingindo resistência à compressão de 0,92 MPa; o material estudado pode absorver algumas deformações, evitando-se com isso algumas patologias normalmente encontradas nos edifícios de vários pavimentos. **Contribuições/Originalidade:** tem-se a combinação da reciclagem de um resíduo, a redução do consumo de agregados naturais e o aumento na produtividade na execução de alvenarias nas construções.

Palavras-chave: resíduos de E.V.A.; compósitos cimentícios; blocos de vedação; resistência à compressão; modulação; produtividade;

ABSTRACT

Propose: The consolidation of the use of residues by footwear's industry (chips and surpluses in the production of soles made by plates of E.V.A.- Ethilene Vinil Acetate) in the civil construction have been target of recent researches. It is known that such residues have huge potential in being used as an artificial synthetic lightweight aggregate, in substitution of naturals ones on the development of cement composites. The objective of this article was applying this residue as a lightweight aggregate in the production of masonries, using non-conventional dimension in the blocks (blockEVANG). **Methods:** To develop the blockEVANG concerned in the properties of the composite and construction modulation; to define the quantity of lightweight aggregate to be used; to determinate the compress strength in blocks and panels made by them, regarding the peculiarities of the material used and the manual process of making the blocks in steel mold, defined in the tests. **Findings:** The blocks, designed with dimensions of: 59,0 cm x 26,5 cm x 11,5 cm (determined by a modulated pattern of

construction), are quite flexible with a strength from 0,82 MPa to 1,66 MPa, using from 80% to 60% of residues on its composition to replace the natural aggregates, outstanding the non-structural functions of these blocks; the masonries submitted to vertical stress had shown good results with strength of 0,92 MPa; the material studied absorbs some deformations, avoiding some pathologies normally found in buildings with many floors. **Originality/value:** Mix of recycling of residues, decreasing of consume of natural aggregates e increase of productivity in the execution of masonries in constructions.

Keywords: E.V.A. residues; cement composites; blocks; strength; modulated pattern; productivity;

1. INTRODUÇÃO

As cidades, com suas construções, atividades, serviços e transportes, consomem mais de 50% das fontes mundiais de energia disponível, além de serem geradoras de grande parte da emissão dos gases responsáveis pela mudança climática e serem consumidoras vorazes de matéria-prima (MORENO, 2006)

Na configuração atual das cidades brasileiras, a geração de resíduos sólidos produzidos pelas indústrias tem se mostrado um grande problema. O destino final assim como o tratamento inadequado acarreta sérios danos ao meio ambiente.

No setor de calçados, por exemplo, o processo utilizado para a obtenção de solas e palmilhas sempre gera sobras (aparas), cuja maior parte é imprópria para reutilização na produção. Entre os resíduos gerados nessas indústrias o E.V.A. (Etileno Acetato de Vinila) tem se destacado pela sua quantidade e pela baixa densidade, o que tem demandado grandes áreas para depósito. Além disso, a incineração deste material libera gases tóxicos e o depósito a céu aberto ou em aterros sanitários causa severas contaminações ao meio ambiente por se tratar de um material não-biodegradável. Assim, é cada vez mais importante procurar alternativas que permitam soluções econômicas e ecológicas para esse tipo de resíduo.

O E.V.A. é um polímero micro-poroso, cuja molécula possui um alto peso molecular, e é obtida pelo encadeamento sucessivo de pequenas unidades repetitivas de baixo peso molecular chamada monômeros, constituído de poliacetato de etileno vinil ou copolímero de etileno-acetato de vinila (HASMAN,1993). No processo supracitado, a quantidade de acetato de vinila define as características do composto final de E.V.A.. Na medida em que se tem maior quantidade de acetato de vinila, suas propriedades se assemelham às da borracha ou P.V.C. plastificado. Se esta quantidade é menor, o E.V.A. assume características similares ao do polietileno de baixa densidade (PREZOTTO, 1990). Quanto ao comportamento térmico, os polímeros podem classificar-se em: 1 - Termoplásticos, que são aqueles que permitem a sua fusão por aquecimento e após o resfriamento podem ser novamente moldados, podendo ser re-processados várias vezes; 2 - Termofixos, ou termorígidos, que são os que após serem moldadas as primeiras vezes não permitem mais a possibilidade de fusão, ou seja, não podem ser re-processados, pois não se fundem, porém quando são novamente aquecidos se decompõe.

O resíduo de E.V.A. utilizado como agregado artificial leve neste estudo é um polímero termofixo, apresentando dificuldades no re-processamento. Ele é um composto micro-poroso constituído por uma resina de E.V.A., agente de expansão, agente reticulante e cargas, ativadores e auxiliares de processo, além de outros polímeros como a borracha (CTCCA, 1993).

Outro ramo da indústria que causa grandes impactos no meio ambiente é o setor da construção civil, seja pela grande produção de resíduos (entulho) seja pelo grande consumo de recursos naturais. Atualmente, nas grandes cidades, o grande consumo de matérias primas tem provocado a escassez e consequente alta nos preços de serviços de construção pelo acréscimo do valor do transporte. Entretanto, o setor da construção civil tem grande potencial para absorver materiais reciclados das indústrias. Isso se justifica pela grande variedade de matérias-primas e pelo grande número de materiais aplicados no processo de construção (CINCOTTO, 1988).

A reciclagem de resíduos recuperáveis é um método de processamento que tem tido cada vez mais aceitação em todo mundo, pois a reutilização de resíduos, além de diminuir problemas de poluição, reduz o consumo dos recursos naturais como matérias primas e elimina custos de armazenamento.

Nesse sentido, podemos afirmar que é interessante o aproveitamento de resíduos da indústria de calçados no desenvolvimento de materiais que possam ser utilizados como insumos na construção civil. No caso do resíduo E.V.A. sabe-se que ele possui baixa massa específica, tem boas características acústicas e térmicas, é estável, inerte, não suscetível a fungos e pode ser aproveitado como agregado sintético para elaboração de compósitos leves.

O aproveitamento de resíduos de E.V.A. no setor da construção civil tem sido estudado no Rio Grande do Sul, região que concentra um grande número de indústrias de calçados no Brasil. Naquela região, os resíduos de E.V.A. já são aproveitados comercialmente como agregados leves de concretos e argamassas (www.britaleve.com.br, 2005). Dados publicados na literatura (GARLET,1998) revelam que os resultados de resistência à compressão utilizando as mesmas misturas de materiais com amostras em corpos-de-prova cilíndricos ($fc28=1,92\text{ MPa}$) não correspondem aos obtidos com os blocos de vedação ($fc28=0,81\text{ MPa}$). Os valores baixos são esperados, por se tratar de composições que utilizam agregados leves, sendo justificado o uso para fins não estruturais, como elementos de vedação.

Pesquisa recente (BEZERRA, 2002) mostrou ser possível atingir o valor mínimo de $2,5\text{ MPa}$ de resistência à compressão, estabelecido por norma para blocos de concreto simples (NBR 7184/1992). Os resultados baseados em dosagem 1:3 (cimento Portland: areia e E.V.A., em volume) confirmou a viabilidade técnica na fabricação de blocos de vedação sem deixá-los muito frágeis para serem manuseados, incluindo entre eles aqueles blocos com resistência à compressão menor do que $1,0\text{ MPa}$. Segundo o autor, para cada tipo de agregado de E.V.A. existe um “teor ótimo” de incorporação, variando em geral entre 60% e 70%, de acordo com a granulometria e a densidade dos grãos, que combinado com os agregados naturais (areia) resulta em misturas que proporcionam melhores resultados na resistência à compressão dos blocos.

Apresenta-se a seguir o estudo desenvolvido na UFPB/CT¹ (PIMENTEL, 2005) para um novo bloco de vedação com maiores dimensões, identificado como bloco EVANG, incluindo os resultados de experimentos realizados para determinar a tensão mínima necessária para o mesmo, considerando as peculiaridades do compósito utilizado (presença de resíduos E.V.A.) e o processo manual de confecção dos blocos em forma metálica. A intenção de desenvolver blocos com maiores dimensões é explorar a utilização dos compósitos leves, compatibilizando dimensão e peso dos blocos de E.V.A. Com isso imagina-se que se pode aumentar a produtividade na etapa de execução de paredes com os blocos propostos, considerando que se eles são maiores poderá ser mais rápida a execução das paredes, além da possibilidade de economizar com o consumo da argamassa de assentamento dos blocos.

2. Estudo Experimental

Projeto do Bloco EVANG

A partir da leveza do material estudado, o objetivo foi definir uma peça com a capacidade de aumentar a produtividade no canteiro de obras e ao mesmo tempo diminuir a geração de resíduos durante sua montagem. Assim, o desenvolvimento das novas dimensões do bloco (EVANG) se iniciou com a comparação entre peso/dimensões de vários tipos de sistemas convencionais a fim de encontrar uma relação ideal para o novo material estudado. Analisando comprimento, largura, altura, peso e consumo

¹ A presente pesquisa tem recebido apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e da Fundação de Apoio a Pesquisa do Estado da Paraíba (FAPESQ).

por m² de blocos consagrados, como o tijolo cerâmico e blocos de concreto, foi possível estabelecer critérios para o desenho do bloco EVANG.

Desta forma, o primeiro estudo estabeleceu as medidas (09cmX29cmX59cm) para o projeto do novo bloco. Comparando com o bloco de concreto convencional, as medidas para o BLOCO EVANG1 foram aumentadas na mesma proporção em que a massa da mistura EVA diminuía (relação de 1-1,5), o que nos permitiu propor um bloco com aproximadamente o mesmo peso do bloco de concreto, mas com maiores dimensões. Ainda nesta etapa foi definida a dimensão de 34 cm² para a altura do novo bloco, o que possibilitaria a execução de painéis com alturas de pé-direito, peitoris e altura de portas e janelas sem perdas nem cortes nos blocos (Figura 1).

No entanto, o BLOCO EVANG1 (09cmX34cmX59cm) apresentou algumas dificuldades no processo de moldagem e desforma, o que demonstrou a necessidade de se retornar à fase de projeto. Assim, diminuiu-se a altura do BLOCO EVANG1 (continuando a atender alturas de peitoris, portas e pé-direito) e aumentou-se a dimensão da espessura do bloco, em função da necessidade de aumentar as dimensões das paredes externas e nervuras do elemento pré-moldado (Bloco EVANG2 – Figura 2).

Com relação à altura do bloco, a dimensão 26,5cm permitiu continuar obedecendo aos estudos das alvenarias quanto aos peitoris de janelas baixas e altas, portas e pé direito. A espessura de 11,5cm do bloco EVANG2 está de acordo com os padrões de bloco do mercado, tendo como implicação alvenarias, incluindo o acabamento, com espessuras um pouco maiores.

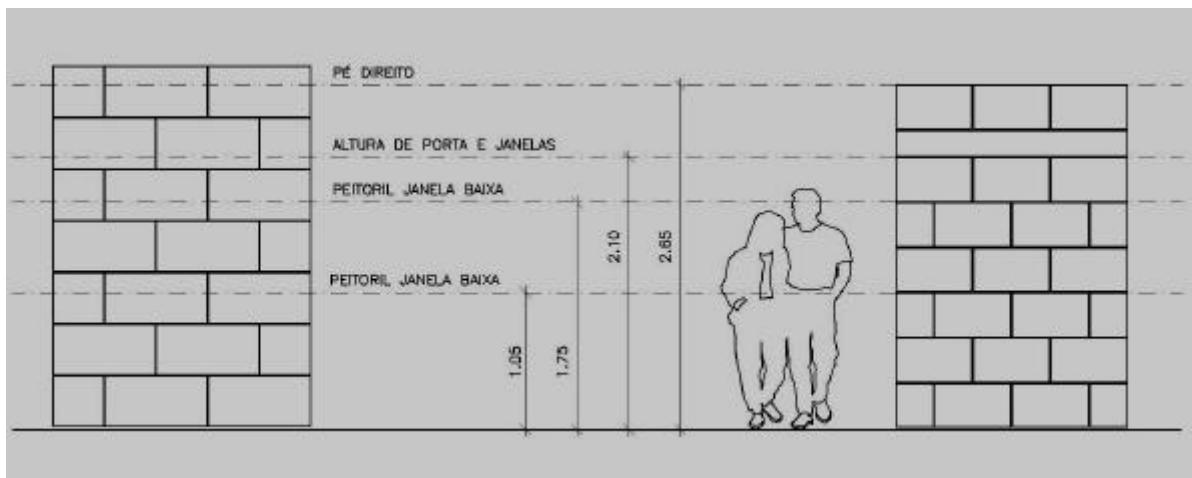


Figura 1 – Análise das alturas (padrões arquitetônicos) para definição das dimensões do bloco EVANG

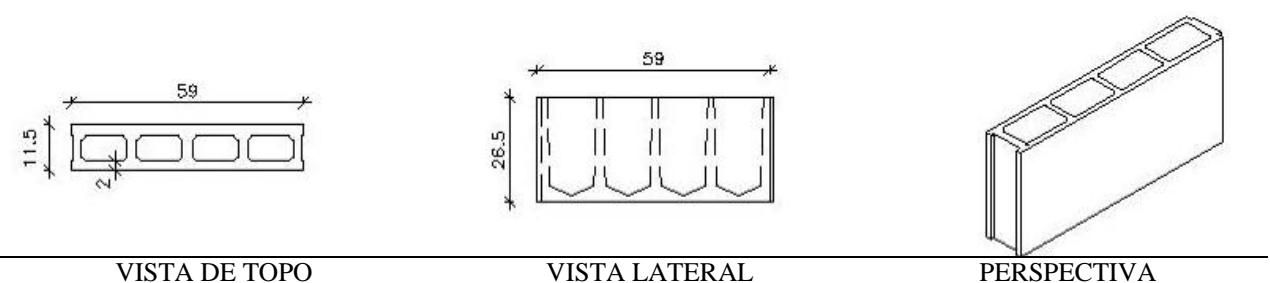


Figura 2-Bloco EVANG2, novas dimensões na altura, na espessura e nas paredes externas e nervuras do bloco

Por fim, definidas as dimensões do bloco EVANG2, partiu-se para o desenho de uma família de peças que possibilitessem a montagem de alvenarias com as amarrações necessárias com o mínimo de cortes, perdas e consequente geração de resíduos (entulho). A Figura 3 a seguir mostra claramente os dois novos blocos (MEIO e ESPECIAL) e sua interação com o bloco EVANG2 nas amarrações das alvenarias. O bloco especial tem as seguintes dimensões: 11,5cm X 26,5cm X 71,5cm.

² Esta dimensão foi proposta a partir do estudo de bibliografia para dimensionamento em arquitetura, do código de obras de João Pessoa e de projetos arquitetônicos de habitação popular de programas institucionais.

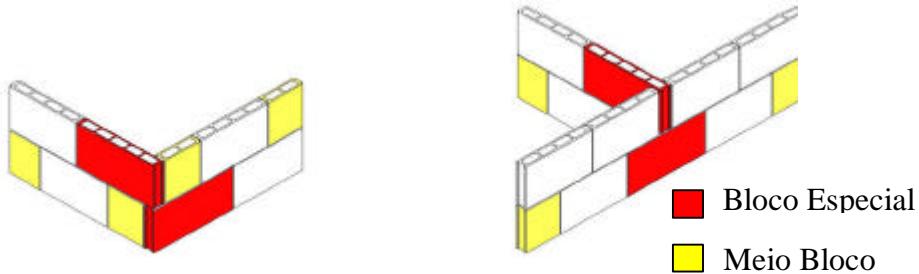


Figura 3– Família do bloco EVANG e tipos de amarrações

Redefinidas as dimensões do bloco (11,5cm X 26,5cm X 59cm), é possível fazer uma comparação entre painéis de vedação executados com blocos EVANG2 e painéis executados com outros blocos existentes no mercado (Figura 4). Portanto, é notório o ganho de produtividade adquirido com o bloco EVANG2.

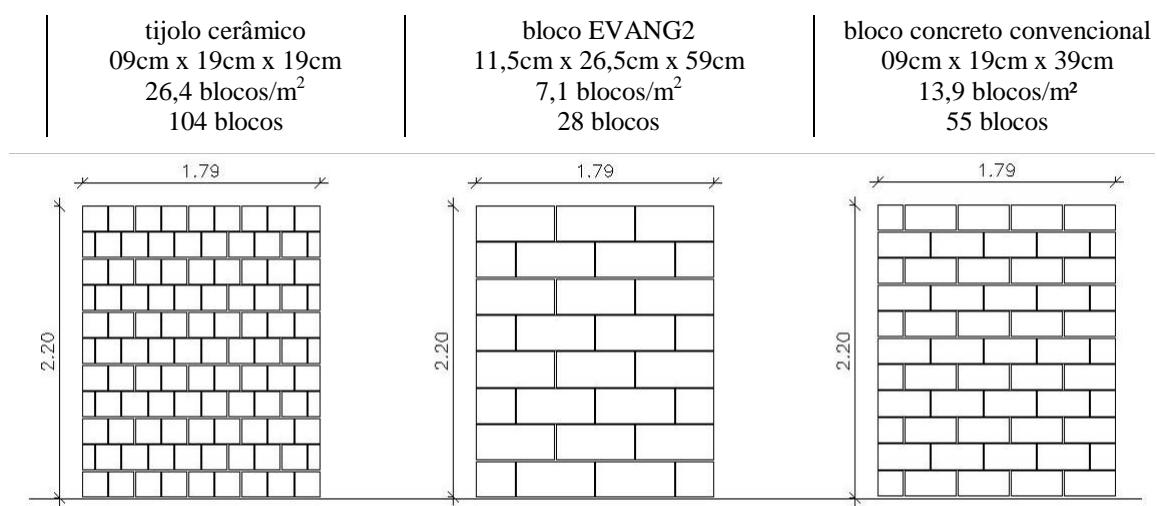


Figura 4 – Comparação entre paredes com blocos: cerâmico, EVANG e concreto.

Produção do Bloco EVANG2

Caracterização dos Materiais

O resíduo utilizado neste trabalho foi resultado da confecção de solados de sandálias produzidas a partir de placas de E.V.A.. Todo material foi fornecido ensacado e triturado em moinho de facas, utilizando peneira de corte com malha circular com diâmetro de 10mm no deposito da indústria produtora. Após estocagem, realizaram-se ensaios de caracterização para uso como agregado artificial leve, tais como: ensaios de granulometria (diâmetro máximo, módulo de finura) e massa unitária no estado solto, conforme se verifica na Tabela 1.

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

Propriedades	Agregados E.V.A.	Areia
Massa unitária em estado solto (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= $1,195\text{g/cm}^3$; início de pega 1:38 horas:min e resistência à compressão aos 28dias= $38,2\text{MPa}$. A água empregada na produção dos blocos foi a fornecida pelo sistema de abastecimento local.

Dosagens estudadas

No teste da produção do bloco EVANG2 foi utilizado o traço 1:3 (cimento: agregados – em volume), com base em pesquisas anteriores (BEZERRA,2002). Com o uso da granulometria ($D_{\text{máx}}=9,5\text{mm}$), verificou-se que não foi possível incorporar mais do que 80% de E.V.A. (em relação ao volume total de agregados), considerando o processo manual de produção. Em relação ao teor ideal de água nas misturas, variações entre 0,37 e 0,45 apontaram 0,40 como sendo a relação água/aglomerante (a/agl.) para a incorporação de 80% de resíduo de E.V.A.. Quando se diminuía o percentual do E.V.A. alterava-se esta relação a/agl., sendo 0,42 para 70% de EVA e 0,44 para 60% EVA.

Pré-molhagem do agregado de E.V.A.

Para evitar a absorção de água de amassamento pelo agregado de EVA, de aspecto esponjoso, prejudicando a hidratação do cimento Portland, foi realizada imersão deste material em água por 30min antes de sua mistura aos demais materiais constituintes dos blocos. Logo, a relação água/aglomerante a ser utilizado na mistura é a quantidade inicialmente medida, menos a quantidade de água absorvida pelo agregado sintético (E.V.A.). Esse procedimento garantiu um maior controle sobre a quantidade de água que foi utilizada em cada mistura.

Mistura dos materiais

A mistura dava-se colocando todo o agregado artificial na betoneira, em seguida 1/3 de água, e lá se deixava em movimento por aproximadamente 1 minuto. Em seguida, com a betoneira em movimento, colocava-se todo o aglomerante, e a mistura permanecia por aproximadamente 2 minutos, quando completava a dosagem com o agregado natural (areia) e a água. Os insumos permaneciam por mais três minutos na betoneira, para atingir maior uniformidade. Estando as condições do concreto de acordo com o esperado, moldavam-se os blocos, no próprio galpão do laboratório LABEME/UFPB/CT.

Moldagem dos blocos EVANG2

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 (Figura 5). Os blocos EVANG2 recém desmoldados ficaram estocados 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).



Figura 5 – Processo de moldagem do bloco EVANG2

Cura e capeamento dos blocos EVANG2

Os Blocos EVANG2 foram pesados antes da imersão nos tanques de cura, onde ficavam até um dia antes da data pré-definida para o rompimento dos mesmos. Ao saírem dos tanques de cura e após esperarem a perda da água superficial eles foram capeados com pasta de cimento em sua face vazada. Aos 7 dias e 28 dias, os blocos EVANG2 foram submetidos aos testes de resistência à compressão (seis blocos por idade) conforme a norma (NBR 7184/1992).

Confecção das Paredes com Blocos EVANG2

Para se avaliar o desempenho das paredes no que se refere aos ensaios de resistência à compressão, foi necessária a confecção de três paredes, que neste caso, optou-se pelo uso apenas do Bloco EVANG2 com 80%, situação mais desfavorável por ter esse bloco individualmente menor resistência à compressão. Para a execução do ensaio de compressão da parede, observaram-se os cuidados que são estabelecidos na Norma (NBR 8949,1982). Após o sexto dia de cura dos blocos no tanque com água, eles foram retirados e transportados para o laboratório, permitindo-se que parte da sua umidade fosse perdida ao longo das 24 horas seguintes, quando os mesmos foram utilizados para confeccionar as paredes. Estas possuíam uma largura de 1,20m, uma espessura de 0,115m (correspondente à espessura dos blocos) e altura de 2,60m, construídas com uma argamassa de assentamento com 1cm de espessura, com a dosagem de 1:1:6 (cimento:cal:areia). As paredes foram executadas em duas etapas: 5 (cinco) fiadas no primeiro dia e as últimas 4 (quatro) fiadas no dia seguinte (Figura 6a). Acima da última fiada, para completar a altura da parede em 2,60m, 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 (resistência à compressão), que foi realizado após 28 dias de sua confecção (Figura 6c e Figura 6d).



- a) Etapas de execução das paredes
b) as três paredes pintadas a cal prontas para o ensaio de compressão
c) - Posicionamento da parede sob a prensa hidráulica para aplicação de cargas verticais
d) Parede submetida à compressão mesmo após a ruptura

Figura 6 – Avaliação das paredes com bloco EVANG2

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos com os ensaios realizados com os Blocos EVANG2 (59,0cm x 26,5cm x 11,5cm). Verifica-se que na medida em que se aumenta a quantidade de E.V.A. presente na mistura os blocos ficam mais leves, o que é lógico em função da substituição de agregado natural (areia) por agregado artificial leve, originado do aproveitamento de resíduos de E.V.A.. Confirmou-se também o fato de que a resistência à compressão dos blocos é reduzida em função do maior teor de E.V.A. nas misturas utilizadas para fabricar os blocos, sendo o menor valor de 0,82MPa para o bloco EVANG2 80%. Observa-se ainda que a resistência à compressão aumenta com o avanço da idade do ensaio dos blocos, o que é esperado em função da continuação da hidratação do cimento Portland, garantido pelo processo de cura adotado.

Tabela 2 – Resultados com os blocos EVANG2 com a parede e cálculo da eficiência

Teor de EVA (%)	Blocos			Paredes Tensão de compressão média (MPa)	Eficiência (%)	
	Peso (kg)	Resistência à compressão média nos Blocos EVANG (MPa)	24horas	7dias	28dias	
60	19,07	0,95		1,66	-	-
70	17,36	0,77		1,27	-	-
80	15,19	0,66		0,82	0,92*	1,12

* média de três resultados individuais (0,90, 0,87 e 0,98)

É interessante notar que se decidiu testar o comportamento do conjunto de blocos (ensaio de resistência nas paredes) exatamente com aquele que se obteve o menor valor (inclusive menor do que 1MPa - bloco EVANG2 80%), no propósito de monitorar os resultados de desempenho da parede a partir de valores mais desfavoráveis alcançados com os blocos EVANG2. Entretanto, o desempenho das paredes (três exemplares ensaiados) revelou uma curiosidade em relação ao cálculo da eficiência das paredes (Tabela 2), quando ela atinge o valor 1,12, significando que ocorreu um efeito de confinamento dos blocos pela argamassa de assentamento, tornando a resistência da parede (0,92MPa) superior à resistência dos próprios blocos, utilizados na execução da parede. Deve-se destacar que a dosagem da argamassa de assentamento é considerada forte com resistência à compressão em torno de 10MPa.

Segundo a literatura (RAMALHO, 2003) quando se estuda a resistência à compressão das alvenarias, analisa-se um parâmetro muito importante que é a eficiência da mesma, que é dada pela relação entre a resistência da parede e a resistência do bloco que a compõe. Essa varia bastante dependendo da forma, do material e da resistência do bloco. Quanto maior a resistência do bloco menor é a eficiência, e vice versa. Pode-se considerar que os blocos cerâmicos proporcionam uma eficiência menor à alvenaria que os blocos de concreto (RAMALHO, 2003). Considerando-se casos comuns, no Brasil, de paredes executadas com blocos de concreto e cerâmico, não grauteados, cuja resistência dos blocos situa-se entre 4,5MPa e 20MPa, construídas com argamassas usuais, estima-se que as eficiências mínima e máxima apresentam valores como se vê na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores da eficiência por tipo de blocos (RAMALHO, 2003)

Blocos	Eficiência mínima	Eficiência máxima
Concreto	0,40	0,60
Cerâmico	0,20	0,50

Na Tabela 2 pode-se ver que a tensão média das paredes é superior a tensão média dos blocos, resultando numa eficiência da parede (bloco EVANG2) com valor maior (1,12), diferenciando-se dos dois tipos de materiais comparados na Tabela 3. A questão que se coloca, à luz do conhecimento atual sobre o comportamento dos blocos EVANG2, é que o valor dessa eficiência tende a ser maior para

esse material (E.V.A.), não sendo ainda possível estabelecer, com segurança, a faixa entre as eficiências mínima e máxima. Porém, o resultado de eficiência 1,12 deve estar próximo do valor máximo, sendo a eficiência mínima alcançada à medida que se utilizem blocos com menor teor de E.V.A., aproximando-se do valor máximo obtido com o bloco de concreto (0,60). Essa hipótese está para ser confirmada no prosseguimento das pesquisas.

Verifica-se ainda que os painéis estudados possuem um comportamento diferente, deformando-se bastante antes de atingir o colapso do conjunto (Figura 6d). Acredita-se que a maior ductilidade dos blocos EVANG2 (Figura 7b, Figura 7c e Figura 7d) tem papel importante nesse resultado. Outra característica interessante nos blocos é que, mesmo após eles atingirem a carga de ruptura, permanecem com a aparência original, permitindo inclusive o empilhamento dos mesmos conforme se vê na Figura 6e. Isso significa que o material tende a reduzir a geração de resíduos nos canteiros de obras.

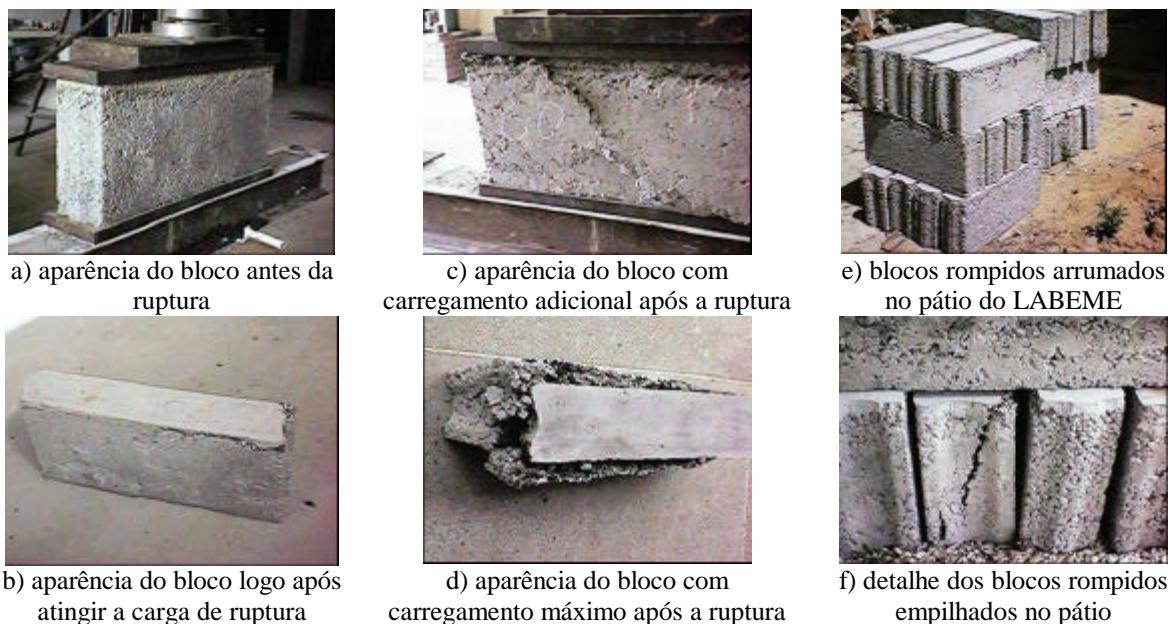


Figura 7 – Ensaio de resistência à compressão do bloco EVANG2 com destaque para a ductilidade e a manutenção da aparência original após ruptura

Os resultados a partir das leituras nos defletômetros durante os ensaios (Figura 6d) revelaram que para estas paredes o surgimento da primeira fissura se deu por volta de 55% da sua carga média de ruptura. Percebe-se, assim que, apesar de fissuradas, as paredes ainda mantêm a sua capacidade resistente, chegando a suportar quase que o dobro da carga imposta desde o momento do surgimento da primeira fissura.

4. CONCLUSÃO

Com base nos resultados apresentados e considerando os materiais e as dosagens utilizadas, pode-se concluir que:

- ☒ O projeto do bloco EVANG2 foi aprovado na definição de suas dimensões não só pelo estudo em questão, mas pela definição de um método geral, aplicável para outros estudos com outros materiais;
- ☒ O bloco EVANG2 (59,0cm x 26,5cm x 11,5cm) foi testado e aprovado, seja em termos do processo de moldagem e desforma, seja em termos do resultado de resistência à compressão alcançado na parede e nos próprios blocos, sendo destacadas as limitações de adensamento inerente ao processo de fabricação manual;
- ☒ O uso do bloco EVANG2 80% parece ser viável na Construção Civil, levando-se em conta o potencial de aproveitamento de resíduos, a redução no consumo de recursos naturais e ainda a possibilidade de ganho de produtividade na execução de alvenarias;

- ☒ A resistência à compressão alcançada pelo bloco EVANG2 80% e pela parede executada com esse bloco indica bom desempenho do conjunto submetido a cargas verticais, ressaltando que o bloco não tem função estrutural;
- ☒ Os resultados indicam que o material estudado pode absorver algumas deformações, evitando-se com isso algumas patologias normalmente encontradas nos edifícios de vários pavimentos;

Mais uma etapa na busca por uma alternativa válida para o aproveitamento dos resíduos de E.V.A. provenientes das indústrias calçadistas (aparas e sobras na fabricação de sandálias) tem sido cumprida, contribuindo para aumentar a credibilidade dos processos de reciclagem, com redução dos impactos ambientais gerados pela disposição inadequada de tais resíduos em nossas cidades.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HASMAN et all. Plastics: A Technical Overview. In: MUSTAFA, Nabil (ed.). **Plastics Waste Management: disposal, recycling, and reuse**. New York: Marcel Dekker, 1993. p.59-87;

PREZOTTO et all. apud GARLET, 1997. **Etileno acetato de vinila – EVA. Planejamento e projeto da indústria química**. Porto Alegre, nov., 1990, Escola de Engenharia - UFRGS, 256p. (Trabalho de conclusão das disciplinas de planejamento e projeto da indústria química I e II);

CTCCA - Centro Tecnológico do Couro Calçados e Afins apud Garlet, 1998. **Cartilha do EVA**, Novo Hamburgo, 1993;

Agregado para concreto e argamassa, www.britaleve.com.br - último acesso 10/07/05;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT – **Blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural – Determinação da resistência à compressão NBR 7184/1992**;

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;

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;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT - **Determinação da tensão nos painéis de blocos de concreto – NBR 8949**. Rio de Janeiro, 1982;

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

MORENO, M.A. B. **Arquitetura Sustentável**. In. Revista Arquitetura e Urbanismo, janeiro/2006.

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;