

## **Desenvolvimento de blocos estruturais de betão**



**Vladimir G.  
Haach<sup>1</sup>**



**Graça  
Vasconcelos<sup>2</sup>**



**Paulo B.  
Lourenço<sup>3</sup>**

### **RESUMO**

Neste trabalho é apresentado um breve estado do conhecimento sobre blocos de betão para uso estrutural. É apresentada uma descrição sobre o processo de produção, as tipologias de blocos de betão convencionalmente utilizados em países onde a alvenaria estrutural é um sistema construtivo competitivo e aspectos sobre a modulação em alvenaria estrutural. Neste artigo apresenta-se ainda um bloco de betão desenvolvido pela Universidade do Minho em conjunto com a empresa Costa & Almeida para uso em alvenaria estrutural em regiões sísmicas.

### **PALAVRAS-CHAVE**

Blocos de betão, alvenaria estrutural, sistema construtivo

<sup>1</sup> Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil, 4800-058 Guimarães, Portugal. [vghaach@civil.uminho.pt](mailto:vghaach@civil.uminho.pt)

<sup>2</sup> Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil, 4800-058 Guimarães, Portugal. [graca@civil.uminho.pt](mailto:graca@civil.uminho.pt)

<sup>3</sup> Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil, 4800-058 Guimarães, Portugal. [pbl@civil.uminho.pt](mailto:pbl@civil.uminho.pt)

## **1. INTRODUÇÃO**

Em Portugal, na construção corrente de edifícios, mesmo de pequeno e médio porte é utilizada a tecnologia do betão armado. O uso de paredes de alvenaria tem-se limitado à construção de paredes divisórias não estruturais e nem sempre executadas adequadamente, originando-se vulgarmente patologias diversas, que agravam de forma significativa as condições de habitabilidade. Só recentemente são conhecidas aplicações de paredes de alvenaria com função estrutural, e usando mesmo soluções de reforço de juntas horizontais de argamassa com armaduras específicas [1]. Aspectos económicos e tecnologia simples fazem crer que a utilização de estruturas de alvenaria é viável e podem diversificar o panorama singular de Portugal. Por outro lado, as recentes normas europeias de dimensionamento permitem a diversificação de soluções estruturais e fornecem um conjunto de regras de cálculo, de pormenorização e de execução em obra. Em países como Brasil e Estados Unidos, a alvenaria estrutural é amplamente utilizada, em especial, por apresentar uma redução de custo na produção de unidades habitacionais. Além disso, a racionalização estrutural, a redução do tempo de execução, o isolamento térmico e acústico, a eliminação ou redução drástica das pontes térmicas, a protecção ao fogo, a redução de camadas de revestimento e a sustentabilidade ecológica estão entre as principais vantagens desse sistema construtivo.

As unidades de alvenaria (blocos, tijolos, pedra) são os elementos fundamentais na modulação e construção de edifícios em alvenaria estrutural. A definição do projecto arquitectónico deve ter como base as dimensões da unidade de alvenaria a ser utilizada na construção. Segundo esta perspectiva, e de acordo com [2], é muito importante que o comprimento e a largura sejam ou iguais ou múltiplos, de maneira que efectivamente se possa ter um único módulo em planta, simplificando a amarração das paredes perpendiculares. Tijolos cerâmicos e blocos de betão são as unidades mais comuns em sistemas estruturais de alvenaria. Existem blocos sílico-calcários, blocos de betão celular autoclavado e outros. Os blocos de betão são as unidades de alvenaria mais utilizadas no Brasil e Estados Unidos. De acordo com [3], a preferência pelo bloco de betão está relacionada com a sua precisão dimensional, diversidade de peças que possibilitam a adequação de passagens de instalações eléctricas e hidráulicas na obra, possibilidade de dosagem racional para obtenção de resistências especificadas em projecto, e compatibilidade bloco-argamassa.

O estudo de sistemas de construção tecnologicamente viáveis deve envolver a comunidade científica e técnica sempre associada a empresas do sector produtivo ou da construção. Neste contexto, têm vindo a ser executados projectos de investigação no Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho no sentido de promover e incentivar o uso da alvenaria estrutural. Desta forma, o principal objectivo deste trabalho consiste em fazer uma abordagem geral sobre os blocos de betão como unidades de alvenaria estrutural e apresentar a solução de blocos de betão desenvolvidas recentemente para serem usados em alvenaria estrutural.

## **2. CLASSIFICAÇÃO DE BLOCOS DE BETÃO**

Os blocos de betão podem ser classificados a partir de diferentes parâmetros, nomeadamente quanto ao material (betão convencional ou betão leve), quanto às dimensões, quanto à furacão vertical e horizontal e quanto à classe de resistência. Quando as unidades de alvenaria são para ser usadas na construção em regiões sísmicas devem ter robustez suficiente para evitar roturas locais e alterar o comportamento das paredes sob acções sísmicas [4]. Esta exigência é particularmente importante quando as paredes de alvenaria são armadas, dado que a rotura local dos blocos inviabiliza o funcionamento das armaduras. A robustez das unidades de alvenaria traduz-se fundamentalmente a partir da percentagem de furacão vertical e da espessura das paredes externas e internas dos blocos. O EC6 [4] define mesmo o agrupamento das unidades de alvenaria em função da percentagem de furacão vertical e da espessura das paredes exteriores e septos interiores. Para que um bloco de betão seja do grupo 2 é necessário que a furacão vertical seja inferior a 55% e que a espessura das paredes exteriores e septos interiores sejam superiores a 18mm e a 15mm respectivamente, ver

Quadro 1.

Quadro 1. Requisitos geométricos apresentados pelo Eurocódigo 6.

	Grupo 1	Grupo 2		Grupo 3		Grupo 4	
		Furação vertical				Furação Horizontal	
Volume de todos os furos (% do volume total)	≤ 25	> 25; ≤ 55		> 25; ≤ 70		> 25; ≤ 50	
Volume de cada furo (% do volume total)	≤ 12,5	≤ 30		≤ 30		≤ 25	
		septo	parede	septo	parede	septo	parede
Espessura das paredes e septos (mm)	-	≥ 15	≥ 18	≥ 15	≥ 15	≥ 20	≥ 20
Espessura combinada das paredes e septos (mm)	-	≥ 18		≥ 15		≥ 45	

Além disso, esta norma faz ainda referência à categoria das unidades de alvenaria, que é definida para blocos de betão de agregados normais e leves na norma EN771-3 [5]. Esta classificação está relacionada com a qualidade dos blocos. Se os blocos de betão apresentam uma resistência à rotura declarada que não é atingida em 5% dos casos enquadram-se na categoria I e são da categoria II se a resistência à compressão declarada não for atingida em mais de 5% dos casos. Relativamente à resistência, o EC8 [6] define valores mínimos para a resistência à compressão normalizada na direcção perpendicular e paralela às juntas de assentamento de 5MPa e 2MPa respectivamente. Todavia, é remetido para cada anexo nacional a definição de valores distintos. Em países onde a utilização da alvenaria estrutural está generalizada, por exemplo o Brasil, os blocos estruturais são divididos por classes de resistência. O emprego de blocos de betão de diversas classes de resistência à compressão na construção de edifícios de acordo com a faixa de andar a ser executada é uma das medidas de economia adoptadas no sistema em alvenaria estrutural.

A construção em alvenaria estrutural requer a utilização de blocos de diferentes formas e dimensões para facilitar a amarração nos cantos e intersecções, a ligação dos blocos às lajes, a construção dos lintéis nas aberturas e a intersecção de paredes perpendiculares. Assim, os blocos de betão convencionalmente utilizados na construção de edifícios em alvenaria estrutural podem ser divididos em 5 tipos básicos: bloco inteiro, meio bloco, bloco e meio, bloco de lintel e outros blocos especiais (Figura 1).

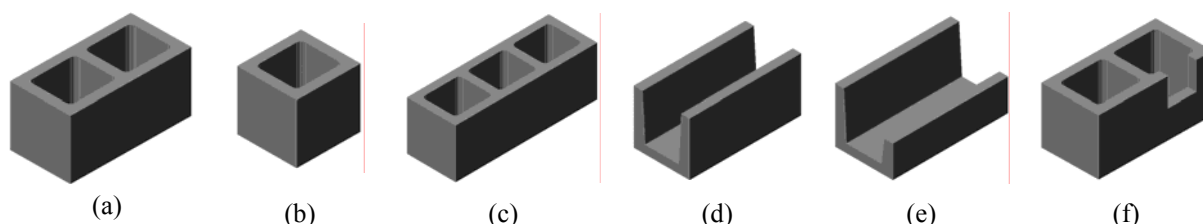


Figura 1. Blocos utilizados em alvenaria estrutural: (a) bloco inteiro, (b) meio bloco, (c) bloco e meio, (d) bloco de lintel U, (e) bloco de lintel J e (f) bloco hidroelétrico.

O bloco em U é utilizado para a construção de lintéis sobre portas e janelas e para a construção de vigas cintas que ligam as paredes à laje. Este tipo de bloco pode ter a forma de um U ou de um J. O bloco em J tem uma das paredes exteriores de diferente altura de modo a servir também de molde para a laje no caso das paredes exteriores (Figura 2).

O bloco e meio é um tipo de bloco utilizado na intersecção de paredes para proporcionar um perfeito travamento. De acordo com [2], o bloco e meio ou bloco de três furos apresenta dificuldades de

instalação pois é um bloco extremamente pesado. Desta forma, a intersecção de paredes pode ser feita com a amarração a cada 4 fiadas, evitando o uso do bloco e meio (Figura 3). Ainda existem blocos especiais que podem conter detalhes específicos, como é o caso do bloco hidroelétrico.

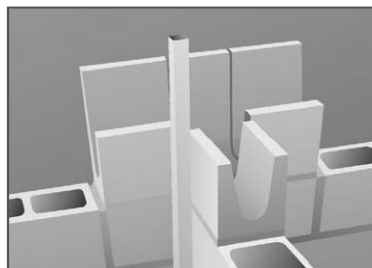


Figura 2. Utilização dos blocos U e J



Figura 3. Intersecção de paredes: (a) utilizando o bloco e meio e (b) utilizando o bloco e meio bloco

## **2. PROCESSO DE PRODUÇÃO DE BLOCOS DE BETÃO**

A tecnologia envolvida na produção do betão para os blocos difere significativamente da utilizada para a produção de betão estrutural convencional. Apesar dos materiais constituintes serem semelhantes (cimento, agregados, água e opcionalmente hidrofugantes, incorporadores de ar, pigmentos, pozolana e cinzas), a quantidade de água é bastante diferente de tal modo que seja possível a desmoldagem dos blocos do molde logo após a vibração e compactação do betão no molde. O betão utilizado na produção de blocos apresenta portanto uma consistência bastante seca (levemente humedecido) e não plástica, como os convencionalmente utilizados nas estruturas de betão armado. De acordo com [7], no betão convencional a pasta (cimento mais água) ocupa praticamente todos os espaços deixados pelos agregados, enquanto que no betão para blocos existe quantidade apreciável de ar num volume significativo na mistura. Isto significa que o factor água/cimento não tem o mesmo significado do que o apresentado para betão estrutural convencional, que regula a sua resistência. De acordo com [8], a humidade da mistura deve estar entre 6% a 8% para que as unidades não se desagreguem na altura da desmoldagem. A vibração e compactação do betão no molde assumem-se como variáveis fundamentais para o controlo da forma, densidade e particularmente na resistência à compressão dos blocos. Se a vibração não for adequada, existem diferenças significativas em termos de densidade, que traduz a textura das unidades de betão. De acordo com [9], a resistência dos blocos é proporcional à energia de compactação utilizada na vibração, sendo a eficiência da vibração a responsável directa pela qualidade final das unidades produzidas, ver Figura 4.

A quantidade de cimento é reduzida ao mínimo que assegure uma adequada resistência e minimize o custo. A composição ideal para os agregados, segundo [9], é um dos aspectos fundamentais para a dosagem do betão utilizado para a fabricação de blocos. Esse procedimento baseia-se na formulação

de uma mistura com um mínimo de vazios possível, visando alcançar as maiores massas unitárias e por conseguinte maior coesão, compacidade, resistência e melhor textura superficial.

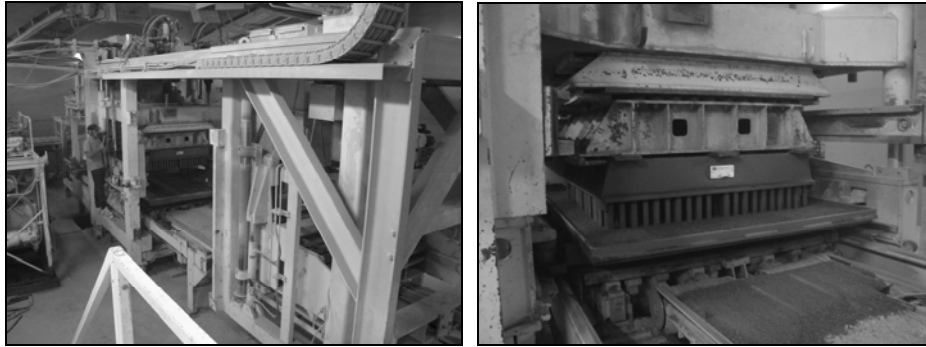


Figura 4. Equipamento utilizado na produção de blocos de betão

A descrição de alguns métodos de dosagem de blocos de betão podem ser encontrados em [10], tais como método da Besser Company, método da ABCP, método do menor volume de vazios entre outros. A cura é também um dos processos chave na produção de blocos de betão. De acordo com [11] o método mais indicado é o da cura a vapor, que reduz a possibilidade de surgimento de fissuras de retracção por secagem. Se a cura for somente húmida, os blocos só poderão ser utilizados 28 dias após a sua produção. Existe ainda o processo de cura em autoclave sob uma alta pressão. Este processo permite uma grande redução no período de cura ocorrendo entre 4 a 12 horas [12].

## 5. BLOCO DE BETÃO DESENVOLVIDO PELA UNIVERSIDADE DO MINHO

No âmbito de um projecto de investigação financiado pela comunidade europeia, o projecto “Diswall – Developing innovative systems for reinforced masonry walls”, a Universidade do Minho em conjunto com a empresa Costa e Almeida (produtora de produtos pré-fabricados de betão, nomeadamente blocos de betão para fins não estruturais), desenvolveram-se dois blocos de betão para serem utilizados em alvenaria estrutural em regiões sísmicas (**Figura 5**).

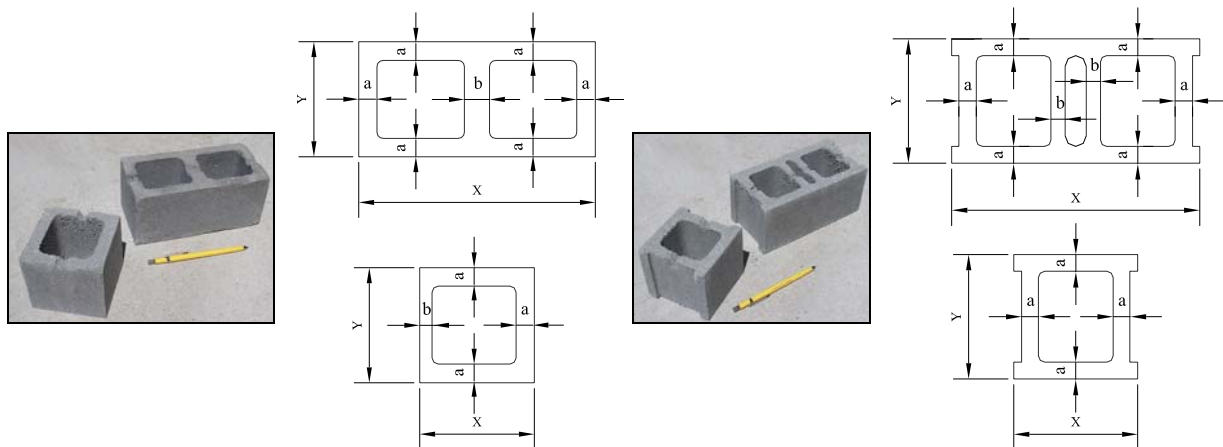


Figura 5. Blocos de betão desenvolvido pela Universidade do Minho

Os blocos foram fabricados inicialmente em escala reduzida de 1:2 devido a limitações de espaço e equipamentos de laboratório para a validação mecânica do sistema construtivo. Em Portugal, as dimensões correntes para blocos não estruturais são de 400mm ou 500mm(comprimento) $\times$ e(espessura) $\times$ 200mm(altura) [13, 1]. Geralmente a espessura é um múltiplo de

50mm. Assim, decidiu-se produzir blocos à escala reduzida com dimensões de 200mm(comprimento)×100mm(espessura)×100mm(altura) correspondentes a blocos à escala real de 400mm (comprimento)×200mm(espessura)×200mm(altura). Os dois tipos de blocos usados para as paredes de alvenaria armada são blocos de duas células verticais, muito semelhantes aos que se utilizam em Portugal em paredes de alvenaria não estrutural [1] e aos que são usados no Brasil e Estados Unidos da América [14] geralmente parcialmente ou totalmente preenchidos com betão fluido (poderá até ser um betão auto-compactável), e blocos de três células, ver Figura 5. Em termos práticos a utilização do bloco de duas células verticais para fins estruturais requer apenas a adaptação da mistura do betão de modo que tenha resistência adequada. Apesar do bloco de três células ser já conhecido para sistemas de alvenaria armada [12] representa uma novidade em Portugal. A ideia deste bloco é possibilitar a passagem das armaduras verticais na célula central (arredondada nos bordos) e substituir o tradicional betão fluido (grout) por argamassa convencional de assentamento no sentido de facilitar a tecnologia de construção da alvenaria armada diminuindo o número de materiais necessários. A utilização do betão fluido pode necessitar do uso de centrais elevatórias e de bombagem quando o edifício apresenta uma certa altura, o que representa gastos adicionais da solução [15].

Na Figura 6, apresentam-se as diferentes possibilidades de paredes de alvenaria armada com os blocos de três células. Uma das alternativas consiste na colocação das armaduras na célula central, mantendo o aparelho tradicional da alvenaria, enquanto que a solução apresentada na Figura 6b prevê a colocação da armadura vertical numa junta vertical contínua formada pelas abas exteriores dos blocos e meios blocos. A utilização da junta vertical contínua facilita a colocação da armadura vertical evitando a necessidade amarrações intermédias. Um dos aspectos centrais deste sistema construtivo consiste na necessidade da argamassa de assentamento possuir consistência apropriada para o assentamento dos blocos e simultaneamente para o enchimento adequado das células verticais armadas, de modo que se garanta a aderência entre as armaduras e a alvenaria e consequentemente a contribuição das armaduras para a resistência das paredes [16].

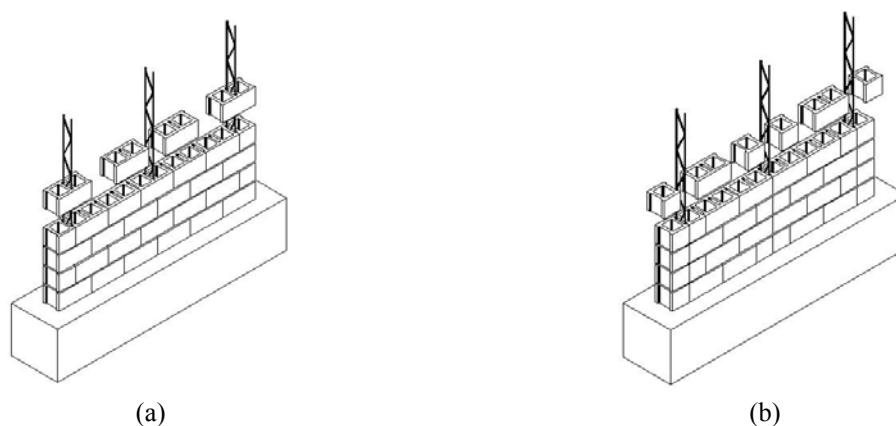


Figura 6. Aparelhos para paredes de alvenaria armada: (a) tradicional; (b) junta contínua armada [17]

### 5.1 Fabricos dos blocos de betão propostos

A produção dos blocos foi efectuada na empresa Costa & Almeida. A produção foi normalizada de acordo com as normas europeias para blocos de betão (EN 771-3 [5]), nomeadamente no que respeita às tolerâncias dimensionais (EN 772-16 [18]) e absorção de água (EN 772-11 [20]). A proporção dos materiais constituintes (cimento, areia e brita) foi ajustada de tal modo que fosse possível a obtenção de uma resistência adequada até 10MPa. Teve também de se ter em conta a produção dos blocos à escala reduzida e por isso a limitação do diâmetro máximo da brita. O molde de aço foi desenhado para a produção simultânea dos dois tipos de blocos, blocos inteiros e meios blocos. A quantidade dos materiais componentes para a produção dos blocos está indicada no Quadro 2. Na Figura 7 apresenta-se o aspecto dos blocos durante o transporte até estufa para cura.

Quadro 2. Proporção dos materiais

Materiais	Quantidade (kg)
cimento	150
brita	171
areia fina	547
areia média	136



Figura 7. Aspecto dos blocos à saída da máquina após vibração e compactação

## 5.1 Caracterização mecânica e física dos blocos

### 5.2.1 Propriedades físicas dos blocos

Entre as propriedades físicas dos blocos de betão as dimensões, densidade e absorção talvez sejam as de maior influência no desempenho destes elementos. A variabilidade das dimensões dos blocos tem influência directa no desempenho estrutural das construções em alvenaria. O deficiente alinhamento em altura das paredes pode gerar excentricidades adicionais não previstas no dimensionamento das paredes resistentes a acções verticais, para além de ter influência na própria modulação da alvenaria estrutural. A norma europeia EN771-3 [5] define tolerâncias dimensionais para os blocos de betão. A densidade dos blocos está directamente relacionada com o seu desempenho. A capacidade de absorção dos blocos de betão é uma propriedade física com grande influência na durabilidade. De acordo com [9], a absorção pode estar relacionada com a retracção dos blocos que pode causar fissuras ao longo das paredes afectando o desempenho estrutural. As propriedades físicas tais como a área bruta, a área de furação vertical e o coeficiente de absorção de água estão indicadas no Quadro 3.

Quadro 3. Propriedades físicas dos blocos

	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	a (mm)	b (mm)	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Área de furação (cm <sup>2</sup> )	Percentagem de furação (%)	Coeficiente de absorção de água (g/(mm <sup>2</sup> xs <sup>0.5</sup> ))
Bloco (2 células)	196	94	94	16	21	97.96	87.45	47	171.83
½ Bloco (2 células)	96	94	94	17	12	47.81	41.81	47	246.72
Bloco (3 células)	201	100	93	16	14	110.14	93.92	46	228.29
½ Bloco (3 células)	101	100	93	16	-	57.20	46.10	45	226.67

Os valores apresentados resultam da média das dimensões e áreas obtidas em 6 provetes seleccionados aleatoriamente. De acordo com a classificação do EC6 [4], os blocos são do grupo 2 já que a percentagem de furação vertical é inferior a 55%. A espessura das paredes exteriores e septos interiores são para os dois tipos de blocos de 13mm e 14mm aproximadamente. Estes valores estão de acordo com a exigência regulamentar para unidades do grupo 2, com a espessura das paredes exteriores a terem de que superiores a 18mm e os septos interiores a 15mm para blocos à escala real. Através das dimensões dos blocos verifica-se que ambos os tipos são da classe de tolerância D1 para a largura e espessura, e da classe D2 para altura de acordo com a norma EN 771-3 [5]. Estes resultados permitem concluir que os blocos apresentam uma razoável qualidade no que respeita à variação dimensional, o que representa uma importante característica devido à necessidade de introduzir armaduras verticais e de manter a modulação da construção e verticalidade em altura. A norma EN 772-11[20] permite obter o coeficiente de absorção de água por capilaridade após 10 minutos de imersão em água. Os blocos de três células apresentam valores do coeficiente de absorção muito próximos nos blocos inteiros e nos meios blocos. Os blocos inteiros de duas células apresentam valores inferiores, o que poderá estar relacionado com o septo mais espesso destes blocos afectando a capilaridade.

### 5.2.1 Propriedades mecânicas dos blocos

A resistência à compressão e a resistência à tracção são as duas propriedades usualmente utilizadas para caracterizar mecanicamente os blocos de betão. A primeira talvez seja a mais importante propriedade dos blocos de betão pois ela é determinante na resistência final da alvenaria. De acordo com [9], uma alta resistência à compressão significa também uma melhor durabilidade sob condições climáticas adversas. A resistência à tracção dos blocos tem também uma grande influência na capacidade da alvenaria resistir a tensões de corte. Quando um edifício está sujeito a acções laterais como vento e sismos, a resistência da alvenaria ao corte é fundamental para garantir um desempenho estrutural satisfatório. A caracterização mecânica dos blocos de betão foi efectuada com base em ensaios de compressão uniaxial na direcção perpendicular e paralela às juntas de assentamento. Os ensaios de compressão uniaxial foram realizados seguindo os procedimentos indicados na norma europeia EN 772-1[20]. A resistência à tracção foi obtida em pequenos provetes retirados das paredes exteriores, ver Figura 8, seguindo procedimento indicado em [21]. Os entalhes realizados a meia altura destinam-se a localizar a fenda e medir a abertura de fenda no regime de pós-pico. Foram ensaiados 12 provetes de cada tipo bloco de betão. Os valores médios da resistência à compressão,  $f_{mu}$ , e da resistência normalizada,  $f_b$ , para ambos os tipos de blocos de betão bem como o módulo de elasticidade,  $E_b$ , estão indicados no Quadro 4. O valor de  $\delta$  indicado no Quadro 4 corresponde ao factor de forma que permite obter a resistência normalizada 772-1 [20].

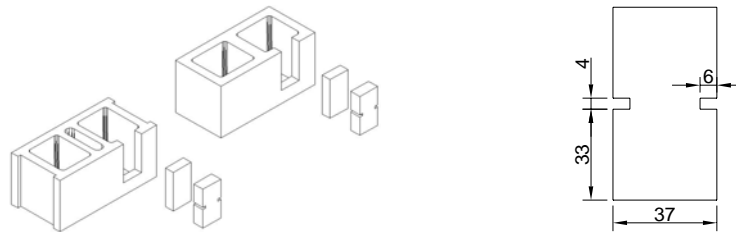


Figura 8. Dimensões dos provetes ensaiados à tracção

Quadro 4. Valores da resistência à compressão e tracção

	$f_{ut}$ (MPa)	$\delta$	$f_{um\perp}$ (MPa)	$f_{b\perp}$ (MPa)	$E_{um\perp}$ (GPa)	$f_{um/}$ (MPa)	$f_{b/}$ (MPa)
Bloco (2 células)	3.13 (24%)	0,99	9.38 (19%)	9.29	8.80 (66%)	6.59 (10%)	6.52
½ Bloco (2 células)		0,99	9.27 (21%)	9.18	8.21 (40%)	6.39 (14%)	6.33
Bloco (3 células)	3.19 (21%)	0,97	12.13 (22%)	11.77	9.57 (40%)	7.88 (5%)	7.64
½ Bloco (3 células)		0,97	10.33 (19%)	10.02	9.44 (47%)	7.20 (14%)	6.98

Os valores dos coeficientes de variação para a resistência à compressão apresentam valores moderados mas são superiores para a resistência à compressão na direcção perpendicular às juntas do que os relativos à resistência compressão na direcção paralela às juntas. No entanto, em ambos os casos a correspondente resistência normalizada pode ser considerada no cálculo da resistência à compressão da alvenaria dado que os coeficientes de variação são inferiores a 25%. Os valores do coeficiente de variação para o módulo de elasticidade são todavia consideravelmente superiores. A resistência à compressão dos dois tipos de blocos é muito próxima. A diferença de valores atribui-se apenas à geometria uma vez que foi usado o mesmo traço para o fabrico dos blocos. O módulo de elasticidade nos blocos de três células apresenta, como era esperado, um valor superior ao dos blocos de duas células, o que se atribui à existência de mais uma nervura interna. A resistência à tracção,  $f_{ut}$ , ver Quadro 4, é praticamente coincidente para os dois tipos de blocos, o que seria de esperar uma vez que o mesmo traço foi usado para os dois tipos de blocos. De facto, a resistência à tracção do bloco é efectivamente a resistência à tracção do betão e não do bloco. Este ensaio não tem em consideração o efeito da geometria do bloco na resistência à tracção. Note-se que a realização de ensaios de tracção é



geralmente muito difícil devido à amarração dos provetes nas extremidades, pelo se optou por obter de modo aproximado a resistência à tracção do bloco. Os coeficientes de variação são moderados e da mesma ordem de grandeza dos obtidos para a resistência à compressão.

## **6. CONCLUSÕES**

Neste artigo foram apresentados aspectos relevantes relativamente às unidades de alvenaria em geral e em particular aos blocos de betão, nomeadamente geometria e classificação de acordo com a regulamentação europeia, forma e implicações na modulação da alvenaria estrutural e processo de fabrico dos blocos de betão.

Foi também apresentada a descrição do trabalho desenvolvido para a proposta de desenvolvimento blocos de betão para a definição de soluções de alvenaria armada a serem usadas em Portugal nas regiões sísmicas. Para além da caracterização física e classificação das unidades em termos de variação dimensional e geometria (percentagem de furação e espessura das paredes exteriores e septos interiores), foram apresentados alguns resultados relativos à caracterização mecânica dos blocos de betão. Verifica-se que em geral a resistência à compressão das unidades está de acordo com as exigências da normalização europeia de modo que possa ser considerada um bloco estrutural. Os valores moderados dos coeficientes validam o cálculo da resistência à compressão da alvenaria a partir do EC6.

## **AGRADECIMENTOS**

O 1º autor é apoiado pelo Programa Alþan, Programa da União Europeia de Bolsas de Alto Nível para a América Latina, bolsa nº E06D100148BR.

## **REFERÊNCIAS**

- [1] LOURENÇO, P.B. - "Paredes de alvenaria armada I: Possibilidades e Aplicações" *Ingenium*, 91,2006, 80-84.
- [2] RAMALHO, M.A.; CORRÊA.M.R.S. - "Projetos de edifícios de alvenaria estrutural". São Paulo, Pini., 2003.
- [3] ZIMMERMANN, C.; PRUDÊNCIO, L.R.; FRASSOM, A.; OLIVEIRA, A.L. - "Metodologia para Locação de Obras de Alvenaria Estrutural" Proceedings of COBRAC 2000 · Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, UFSC - Florianópolis, Brasil, 2000.
- [4] EN 1996-1-1 - "Eurocode 6 – Design of masonry structures - Part 1-1: General rules for reinforced and unreinforced masonry structures", *European Standard. CEN. Brussels*, 2005.
- [5] EN 771-3 - Specifications for masonry units – Part3: Aggregate concrete masonry units (dense and light-weight aggregates), 2003.
- [6] EN 1998-1 - "Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings", *European Standard. CEN. Brussels*. December 2004.
- [7] TANGO, C.E.S. – “Fundamentos de dosagem de concreto para blocos estruturais.” Proceedings of International seminar on structural masonry for developing countries, 5, Florianópolis-SC, Brasil, 1994, 21-30.

- [8] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. “Produção de peças premoldadas de concreto. Curso sobre produção e controle de artefatos de cimento”, São Paulo, 2000.
- [9] FRASSON JUNIOR, A. – “Proposta de metodologia de dosagem e controle do processo produtivo de blocos de concreto para alvenaria estrutural.” Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000, 146pp.
- [10] Buttler, A. M. – “Uso de agregados reciclados de concreto em blocos de alvenaria estrutural.” Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, 2007, 535pp.
- [11] NAKAMURA, J. – “Bloco Estrutural - Ter a resistência à compressão não é o único item a ser observado. Características dimensionais e geométricas interferem no desempenho da parede.”, Revista Técnica, Edição 97, 2005.
- [12] DRYSDALE, R.G., HAMID, A. A., BAKER, L.R. - “Masonry structures: behaviour and design”, The Masonry Society, Boulder, Colorado, USA, 1999.
- [13] SOUSA, H., CARVALHO, A., MELO A.- "A new sound insulation lightweight concrete masonry block. Design and experimental characterization", 13<sup>th</sup> International Brick and Block Masonry Conference, Amsterdam, Netherlands.
- [14] SCHULTZ, A.E. (1994) – NIST Research program on the seismic resistance of partially-grouted masonry shear walls, NISTIR 5481, National Institute of Standards Technology, Gaithersburg, MD 20899, June 1994, 67pp.
- [15] BIGGS, D.T. - "Grouting masonry using Portland cement-lime mortars", *Simpósio Internacional de Construção em Cal*, Orlando, USA, 1-16, 2005.
- [16] HAACH, V.G., VASCONCELOS, G., LOURENÇO, P. - "Composition study of a mortar appropriate for masonry cavities and joints", 10th North American masonry Conference, 2007.
- [17] VASCONCELOS, G., GOUVEIA, J., LOURENÇO, P. B., HAACH, V.G. - "Alvenaria armada: soluções inovadoras em Portugal ", Seminário Paredes de Alvenaria: Inovação e possibilidades actuais, LNEC, 103-128, 2007.
- [18] EN 772-16,- Methods of test masonry units: determination of dimensions, 2000.
- [19] EN772-11 - Methods of test masonry units: determination of water absorption of aggregate concrete, manufactured stone and natural stone masonry units due to capillary action and the initial rate of water absorption of clay masonry units, 2000.
- [20] EN772-1 - Methods of test masonry units: determination of compressive strength, 2000.
- [22] MOHAMAD, G. - “Mecanismo de ruptura da alvenaria de blocos de betão à compressão”, Tese de Doutoramento, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal, 2007. Disponível em: [www.civil.uminho.pt/masonry](http://www.civil.uminho.pt/masonry).