

SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS EM ALVENARIA

João P. Gouveia¹, Paulo B. Lourenço², e Graça Vasconcelos³

¹ Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra, jopamago@isec.pt

² Universidade do Minho, Guimarães, pbl@civil.uminho.pt

³ Universidade do Minho, Guimarães, graca@civil.uminho.pt

Resumo

Considera-se oportuno nesta comunicação apresentar um conjunto de considerações sobre Alvenaria Estrutural, uma vez que esta tecnologia construtiva não tem merecido a devida atenção por várias entidades responsáveis pela construção em Portugal. Verifica-se que a quase totalidade de edifícios de habitação, independentemente da sua tipologia, é executada por recurso a estruturas e processos de construção baseados pela tecnologia do betão armado, recorrendo normalmente a estruturas porticadas com posterior preenchimento com panos de alvenaria, e onde a sua quantificação é tomada em consideração apenas como parcela de custos na fase de orçamentação.

Assim, pretende-se fazer referências a vantagens e desvantagens da construção em alvenaria estrutural e da sua execução, bem como apresentar sistemas e soluções construtivas em alvenaria simples, confinada e armada. Pretende-se ainda referir materiais e algumas exigências construtivas bem como apresentar detalhes de execução considerados essenciais para uma implementação prática credível em Portugal.

Palavras-chave: Alvenaria, Soluções construtivas, Tecnologia, Regulamentação.

1 Introdução

A utilização de soluções construtivas em alvenaria e a sua adequação em função dos benefícios económicos, construtivos ou de habitabilidade não é apenas uma necessidade actual nem somente uma necessidade nacional. De facto, esta inovação na arte de melhor construir vem dos tempos dos povos primitivos, ou seja a séculos a.C..

1.1 Fases históricas

A história mostra por sua natural evidencia a evolução de cavernas, grutas, calçadas, a consequente construção de edifícios, palácios, catedrais, pontes e viadutos, estando muitas destas obras ainda hoje visíveis e com desempenho estrutural considerado satisfatório. Não existiam escolas de engenharia nem processos de divulgação interactiva das inovações e das novas técnicas construtivas que se iam desenvolvendo, adaptando e surgindo. As regras de "cálculo" eram baseadas na experiência, na prática

de edificar e na visualização do "comportamento estrutural" ao longo do tempo dessas construções históricas, seguindo-se regras puramente empíricas e intuitivas. O conceito de utilização da pedra no seu estado natural, talhada e aparelhada para fins de edificação e unidas com argamassas pobres, deu origem a elementos artificiais de construção de menor dimensão e menor peso para mais fácil manuseamento. Apareceram as casas de terra, as paredes de adobe com tijolos de barro cozidos ao sol e posteriormente cozidos em fornos. Até aos anos de 1700 d.C, a inovação de materiais era reduzida a melhores técnicas de produção e eram desenvolvidos processos sempre mais "sofisticados" para a sua trabalhabilidade. Os blocos de adobe sofreram mudanças na textura, na cor e na composição. As coberturas feitas por troncos de madeira eram noutras civilizações substituídas por abóbadas formadas por camadas de barro sobre uma armação apoiadas em paredes de pedra. Surgiram os blocos de barro com formas diversificadas e posteriormente perfurados para mais fácil manuseamento. Em muitos edifícios romanos construíam-se paredes utilizando uma espécie de betão formada por uma amálgama de argamassa, saibro, cascalho e desperdícios de tijolos e telhas. Os revestimentos de aspecto melhorado com recurso a tijolos, placas de mármore, calcário, estuques e pinturas contribuíam para a demarcação dos períodos da arquitectura [1][2].

Entre 1700 e 1900, desenvolvem-se os conceitos de alvenaria armada e de edifícios altos em alvenaria resistente. Na construção do Panthéon, em Paris, Gauthey estabelece as bases para o conceito de alvenaria armada. Surgem pontes em Paris, por Perronet, e Marc Brunnel executa o Túnel sob o Rio Tamisa, em Londres com as colunas de ventilação executadas com paredes de 75 cm de espessura armadas verticalmente com barras de $\phi 25$ mm e com armaduras nas juntas horizontais. A Igreja de Saint Jean de Montmartre, em Paris, é outro exemplo em alvenaria armada de tijolos furados constituindo paredes de 12 cm, reforçadas com barras de aço verticais e de juntas. Entre 1889 e 1891 em Chicago, é construído o edifício Modadnock Building com 16 pisos e com paredes de espessura de 1,82 m ao nível da base, dá início da construção em altura de edifícios em alvenaria resistente.

Seguiram-se cerca de 60 anos de estagnação no desenvolvimento de novas metodologias construtivas em alvenaria. Neste período, desenvolveu-se a tecnologia do betão armado e da produção de aço, permitindo realizar obras com estruturas reticuladas, mais esbeltas e de grande altura. Com o desenvolvimento de técnicas de produção mecanizada e controlada por métodos cada vez mais racionais, deu-se origem ao fabrico de elementos de betão com diversas características (forma, dimensões, leveza e resistência mecânica) fazendo com que as técnicas construtivas e de aplicação dos elementos se adequassem e difundissem igualmente. Apesar deste facto, a tradicional técnica de construção em alvenaria não foi tratada como uma solução estrutural e mesmo como sistema construtivo foi relegada para funções de fechamento e compartimentação das estruturas porticadas executadas com os materiais mais modernos. Mesmo em edifícios de pequeno porte, a sua aplicação com função estrutural foi esquecida da importância e da evidência que lhes era dada nos tempos anteriores. Como consequência, a investigação e o desenvolvimento da alvenaria estagnou.

No entanto, em 1951, Paul Haller efectua estudos experimentais que conduzem à construção de um edifício em alvenaria não armada na Basileia de 13 pisos (41,4 m de altura) e com paredes de 0,375 m de espessura. Este edifício é considerado como um marco da alvenaria estrutural não armada. Este período marca o retorno da investigação e do interesse desta técnica de construção resultando em 1967 o primeiro congresso de estruturas de alvenaria (International Brick/Block Masonry Conference), em Austin, Texas. Os países americanos passaram a entender esta técnica de construção como uma técnica de semelhante validade, interesse e aplicação como a técnica do betão armado ou das estruturas metálicas. Paralelamente a edifícios de pequena dimensão, surgem edifícios em altura. Esta realidade estende-se a alguns países europeus até ao final do século XX, que, com o processo de normalização e regulamentação europeu então iniciado faz incentivar o desenvolvimento, a investigação e a indústria desta tecnologia.

1.2 A alvenaria em Portugal

A nível nacional a evolução das construções em alvenaria não é muito diferente das anteriores referências. Um pouco por todos o país, mas especialmente na zona centro e na zona do vale do Douro existem cavernas e grutas que mostram o "trabalho" realizado pelos povos primitivos. Do período da Idade média (séc. V a XV) existem inúmeras obras do Império Romano: calçadas, castelos, pontes, e catedrais e templos religiosos. As habitações eram vulgarmente realizadas com os materiais mais abundantes na região. Assim, na zona norte erigiam-se edifícios em alvenaria de pedra aparelhada em granito e de pedra seca usando palha para vedar juntas e assim impedir a passagem do frio, enquanto na zona sul executavam-se casas com paredes de taipa e de adobe. Na zona centro existe um misto desta soluções sendo mais corrente na zona litoral as paredes de terra (adobe e taipa) e na zona interior as paredes de alvenaria ordinária executada por blocos de pedra irregular e por tijolos ou pedaços de tijolos ligados entre si por uma argamassa de cal e areia.

Na transição para a Idade Moderna (XV a XVIII), plena era dos descobrimentos, surgem imponentes castelos, palácios e mosteiros, e a para habitação familiar eram usados edifícios em alvenaria de pedra, cantaria e de tabique. Utilizava-se a madeira para realizar pavimentos ou para executar uma estrutura de vigas, prumos e diagonais de travamento, posteriormente preenchidas com pedaços de tijolo e/ou pedra ligados com uma argamassa pobre de cal e areia. Em alguns casos, para execução de pavimentos era também corrente executarem-se arcos ou abóbadas de tijolo.

Após o sismo de 1755, as estruturas de alvenaria da época pombalina serviram de referência para a construção a nível nacional. A reconstrução da cidade de Lisboa é dominada por uma solução essencialmente destinada a acções sísmicas: o conceito de gaiola, concebido por uma estrutura de madeira formando as diagonais cruzadas, as cruces de Santo André, ver Figura 1, sendo posteriormente revestida por alvenaria de pedra pelo exterior [3].

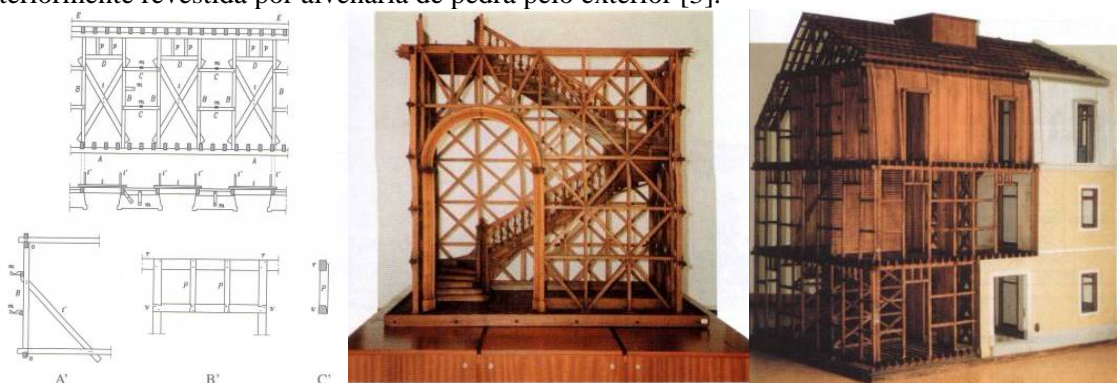


Figura 1 – Sistema anti-sísmico da gaiola pombalina, [3].

Após 1930, as construções do tipo gaiola ou gaioleiro têm o seu declínio com o advento de um novo material: o betão armado. Surgem numa primeira fase os edifícios mistos de alvenaria e betão ou metálicas. Assiste-se a uma crescente expansão de indústrias de produtos de betão nem sempre regidos por normas de fabrico regulado ou de exigência de características (físicas e mecânicas) satisfatórias para uma boa construção, mas só nos anos 60 começam por surgir as primeiras normas nacionais para avaliação de características de unidades de alvenaria, essencialmente destinadas a tijolos cerâmicos, mas nunca foram desenvolvidos documentos de dimensionamento para estruturas de alvenaria contrariamente ao aparecimento de regulamentos para estruturas de betão armado (1935, 1967, 1983) e para estruturas de aço (1929, 1965, 1986). O período de estagnação da aplicação de estruturas de alvenaria verificado a nível internacional, encontrou semelhante período em Portugal, onde se verificou um domínio claro das construções reticuladas de betão armado.

1.3 Reflexão

Actualmente existem documentos de dimensionamento para estruturas de alvenaria baseado em semelhantes requisitos definidos para estruturas de outros materiais, bem como procedimentos de ensaios bem definidos para caracterização experimental de materiais e de sistemas estruturais. Uma vez mais, à semelhança da expansão a nível internacional desta solução construtiva e estrutural, e motivada pelas vantagens de execução, avaliação e de benefícios económicos, é esperado o mesmo a nível nacional, e nesse sentido, diversos trabalhos de investigação têm vindo a ser desenvolvidos nos últimos anos, denotando-se um interesse por esta área.

No entanto existe ainda alguma inércia em entidades consideradas essenciais para uma colaboração na implantação desta tecnologia no mercado. As escolas de engenharia, mantêm nos planos de ensino uma forte componente alusiva à tecnologia do betão armado, nem sempre abordando de forma clara as vantagens e desvantagens de outras soluções construtivas. A comunidade técnica em geral, tradicionalmente, põe em prática conhecimentos adquiridos na sua formação e procura de forma simplificada recorrer a soluções que o mercado bem conhece com o objectivo de não despender recursos na aprendizagem de novas metodologias ou de aplicação de novos materiais com funções resistentes e não apenas construtivas. Mesmo a comunidade de arquitectos tem inovado de forma significativa no desenho de novas formas habitacionais e de utilização de novos materiais de acabamento mas não tem participado de forma activa na definição do esquema estrutural desses edifícios, nem mesmo incentivado soluções consideradas vantajosas em termos económicos, à excepção de algumas obras públicas de demarcado interesse arquitectónico e de dimensão económica considerável. A indústria, empresas de fabrico e de construção de uma forma geral, não têm tido a motivação de avaliar ou apoiar o desenvolvimento de conhecimentos de diferentes processos com o objectivo de inovar e de avaliar as vantagens económicas, construtivas e mesmo de tempo de execução.

2 Soluções em alvenaria

2.1 Alvenaria simples

Em países com zonas de sismicidade baixa (Alemanha, Holanda ou Noruega) e em também com risco sísmico considerável (Itália, Espanha) as soluções em alvenaria estrutural simples têm uma aplicação considerável na construção de novos edifícios de habitação [4]. Genericamente, esta solução consiste essencialmente na utilização de unidades para alvenaria com elevada espessura nas paredes envolvente ou de massa considerável com o objectivo de cumprir os requisitos térmicos.

Na EN 1996-1-1 [5] e na EN 1998-1 [6] são apresentadas características e exigências para estruturas de alvenaria simples, sendo estas executadas apenas por panos em alvenaria sem recurso a outros elementos resistentes, e devendo a nível nacional ter uma aplicação limitada a “zonas consideradas de baixa sismicidade”.



Figura 2 – Exemplo de estruturas de alvenaria simples.

2.2 Alvenaria confinada

A alvenaria confinada é caracterizada como um sistema de paredes executadas rigidamente entre vigas e pilares, ou cintas e montantes construtivos de pequena dimensão e ligeiramente armados nos quatro lados (sem a intenção de se comportarem como uma estrutura rígida ou porticada). Os elementos de confinamento são executados após a elevação da parede, podendo ser embutidos no seu interior ou executados com recurso a cofragem ficando com faces de acabamento à vista, sendo apresentados nos eurocódigos requisitos mínimos para as armaduras e dimensões dos elementos de confinamento, bem como recomendações de execução.

Relativamente ao comportamento mecânico existem estudos de avaliação experimental [7], que permite concluir que esta solução relativamente a soluções de alvenaria simples proporciona uma maior resistência mecânica a acções de corte, bem como uma maior capacidade de dissipação de energia e maior ductilidade.

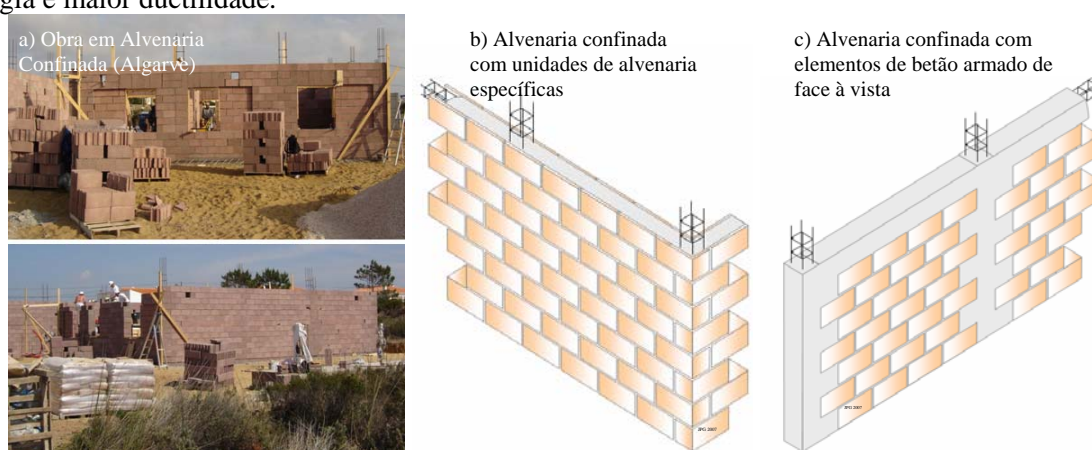


Figura 3 – Exemplo de estruturas de alvenaria confinada.

2.3 Alvenaria armada

As paredes de alvenaria armadas, constituem os principais alinhamentos de definição estrutural, destinadas a resistir a esforços verticais e horizontais. São caracterizadas por panos de parede resistente dotados de armaduras (ordinárias ou galvanizadas), Figura 4, embebidos na argamassa ou em elementos internos ao pano executados por betão de enchimento. Para a colocação de armaduras verticais é recomendável a utilização de unidades de alvenaria de furação vertical contínua, ou de sistemas que permitam a execução dos montantes.

Este tipo de solução comparativamente às soluções atrás referidas apresenta melhores características mecânicas e um óptimo comportamento estrutural no que se refere a distribuição de tensões, dissipação de energia e valores últimos da resistência de corte quando solicitada a acções horizontais [8], [9].

2.4 Alvenaria mistas

As paredes de alvenaria simples e confinadas podem ser dotadas de armaduras de redistribuição de esforços essencialmente dispostas nas juntas de assentamento horizontal. A colocação de armaduras horizontais permite, comparativamente a soluções não armadas, um melhor comportamento mecânico.

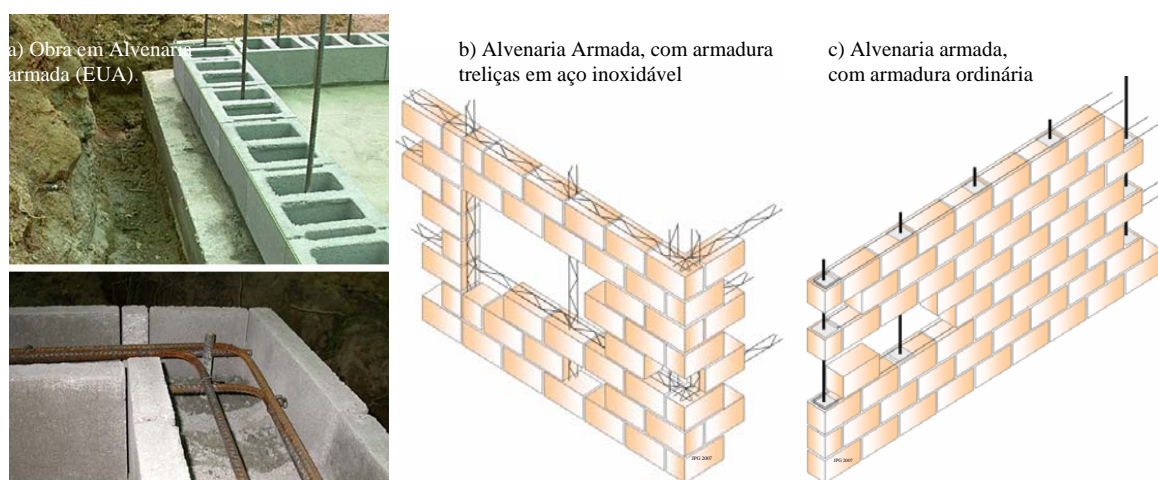


Figura 4 – Exemplo de estruturas de alvenaria armada.

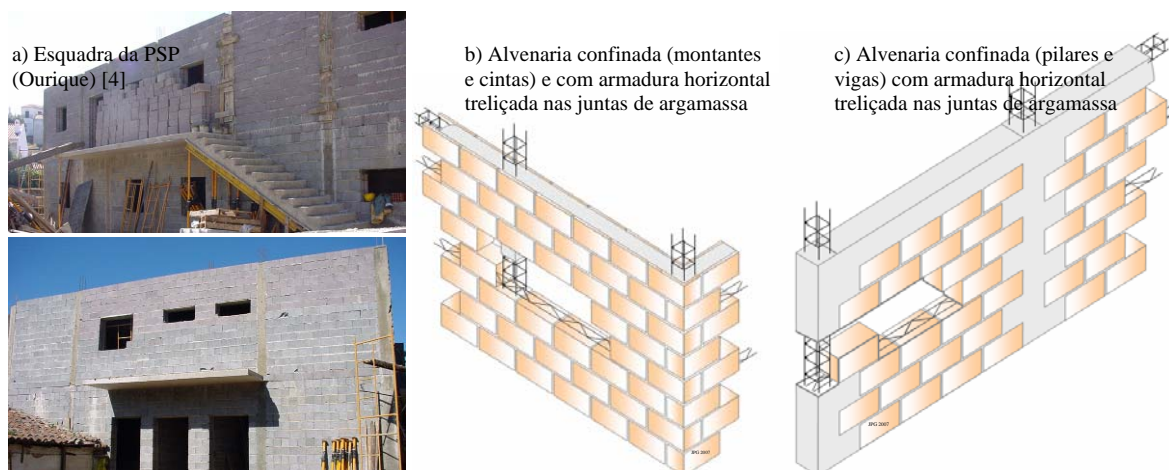


Figura 5 – Exemplo de estruturas de alvenaria simples ou confinada, com armaduras.

3 Soluções tecnológicas em estudo

A edificação em alvenaria deve procurar garantir requisitos de comportamento mecânico adequado quando sujeita a acções, bem como garantir as condições de habitabilidade no que respeita a exigências térmicas e acústicas. Por esta forma, os recentes regulamentos de dimensionamento estrutural, de definição de exigência de cálculo térmico e acústico, definem propriedades físicas e mecânicas aos quais as paredes de alvenaria devem obedecer.

Tendo em conta a necessidade de minimizar o efeito de pontes térmicas, de garantir a massa suficiente para isolamento acústico e simultaneamente permitir a execução de pormenores construtivos que permitam a correcta adequação do sistema estrutural que seja optado para um edifício, deve inicialmente definir-se o sistema construtivo e não apenas a escolha do tipo de bloco que será usado na fase de construção. Um sistema construtivo baseia-se numa família de diferentes tipologias e dimensões de blocos, que no seu todo permitam a execução dos diversos pormenores necessários a uma boa execução em obra e assim permitirem a realização de cada pormenor que seja exigido para uma correcta construção.

Com o objectivo de propor, avaliar características, estudar o comportamento estrutural de sistemas construtivos para soluções tecnológicas e daí resultarem propostas para aplicação de produções a nível

nacional, a Universidade do Minho tem vindo a desenvolver e a colaborar em projectos de investigação nos últimos anos, destinados à alvenaria moderna, e com utilização de diferentes produtos. Nos pontos seguintes são apresentadas as soluções tecnológicas em estudo.

3.1 Unidades de alvenaria de betão leve

No Projecto SINALES, financiado pela Agência de Inovação, pretende-se a adequação para utilização estrutural de unidades de alvenaria de betão leve existentes no mercado, e concebidos apenas para um adequado desempenho térmico [10]. Neste projecto foram definidas várias fases que envolvem tarefas de avaliação experimental de materiais e de paredes de alvenaria simples, confinada e armada, bem como acções de dimensionamento e de construção de um edifício protótipo. Este trabalho tem o apoio e a colaboração estreita da empresa de Maxit - Tecnologias para a construção, S.A.

Com o surgimento dos eurocódigos europeus e entendendo-se que a utilização do sistema "Isolbloco" poderá ser uma solução estrutural para edifícios de alvenaria e não apenas de bom desempenho térmico. Para estudo e validação deste tipo de blocos, ver Figura 6a), foi definido um alargado programa de trabalhos experimentais que contemplam trabalhos de caracterização mecânica dos (a) blocos isoladamente e de provetes de alvenaria sujeitos a acções de compressão, (b) provetes de alvenaria sujeitos a acções de corte e de flexão e (c) paredes de alvenaria sujeitas a acções cíclicas de corte para avaliação da resistência ao corte. Necessariamente, são realizados estudos de caracterização dos restantes componentes das paredes de alvenaria [9].

No planeamento destes estudos de caracterização considerou-se essencial avaliar a possibilidade de substituir os elementos de confinamento vertical por armaduras de junta horizontal, armaduras treliçadas tipo Murfor® (Bekaert), bem como estudar o efeito do preenchimento ou não preenchimento das juntas verticais com argamassa em soluções confinadas de alvenaria. Por resultados já apresentados relativos a ensaios cíclicos de corte [7], verifica-se que em paredes de alvenaria simples, o efeito do preenchimento de junta vertical proporciona apenas um acréscimo da força de corte efectiva e teórica de 10% e 5%, respectivamente, e paredes de alvenaria confinada apresentam uma melhoria de comportamento se comparadas com paredes sem confinamento de cerca de 20%. Sendo viável o não preenchimento, designadamente em zonas de baixa sismicidade, consegue-se uma simplificação do processo de construção, minimizando custos na mão-de-obra e permitindo reduzir o tempo de execução de paredes. A configuração em planta das unidades contribui para esta possibilidade uma vez que permitem um sistema de encaixe adequado sem necessidade de recorrer ao preenchimento de juntas verticais com argamassa, ver pormenores da solução construtiva na Figura 6b e c). Na Figura 7 é esquematizado um exemplo de execução por fiada par e fiada impar.

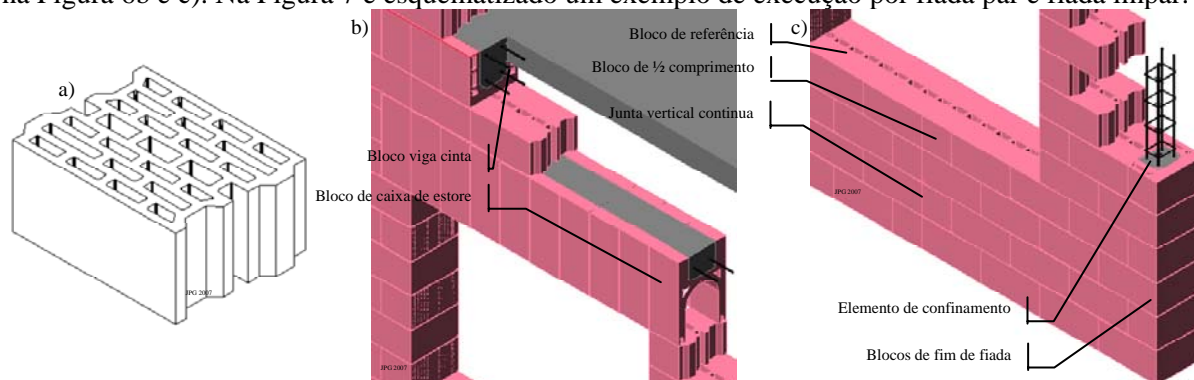


Figura 6 – Esquemas: a) blocos 400×200×320; b) Pormenor de execução de vigas; e c) Pormenor de execução de elementos de montante em bloco do sistema construtivo para o efeito.

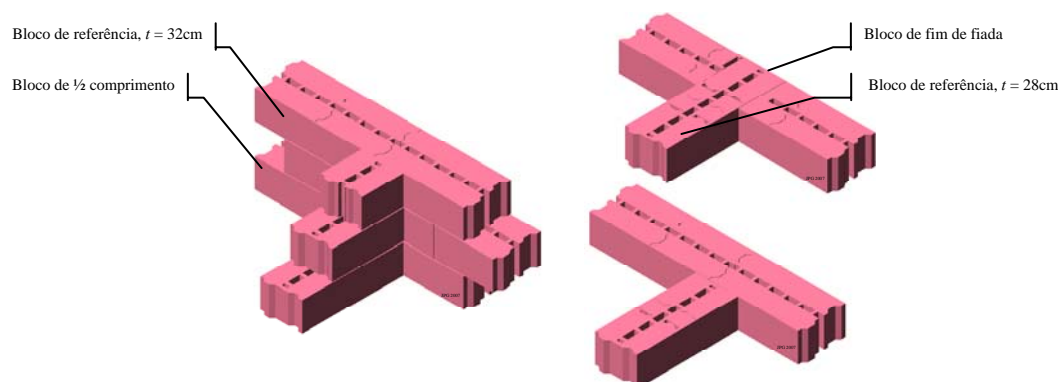


Figura 7 – Fiadas pares e ímpares com distribuição de blocos de betão leve com configuração adequada.

3.2 Unidades de alvenaria de betão corrente

No Projecto DISWall, acrónimo de um projecto de investigação financiado pela Comissão Europeia, engloba vários parceiros europeus de fabrico, construção e de universidades, que têm efectuado estudos de avaliação laboratorial de diferentes soluções de alvenaria armada com utilização de diferentes materiais. A nível nacional, na produção do bloco nominal da solução a desenvolver, tem tido o apoio e a colaboração da empresa Costa & Almeida, Lda.

Estas unidades, de produção nacional, destinam-se a paredes de alvenaria armada, em zonas de elevada sismicidade, ou paredes parcialmente armadas ou semi-armadas, em zonas de moderada e baixa sismicidade [11]. Para este estudo, foram propostas duas tipologias de blocos de betão normal: blocos de duas células e blocos de três células. Estes blocos, foram desenvolvidas de raiz tendo como aplicação essencial a sua utilização em panos de paredes com funções estritamente resistente, não tendo sido preocupação essencial a formulação de um bloco para satisfazer requisitos térmicos. Desta forma, a construção da parede deverá consistir em dois panos, sendo um pano resistente em blocos de betão corrente, e um segundo pano com outros produtos ou materiais ou sistemas de isolamento térmico pelo exterior (ETICS). Deve referir-se que a utilização deste segundo pano deve ficar perfeitamente solidarizado ao pano resistente, através de sistemas de ligadores apropriados.

Na concepção das duas tipologias de blocos, para além do cumprimento de especificações mínimas referentes a dimensões e valores de resistência exigidas [5], foram concebidas para uma utilização que em pouco altere os tradicionais processos de construção de paredes. Os blocos de duas células, ver Figura 8a), apresentam uma forma semelhante aos blocos já usados actualmente em paredes de alvenaria não resistentes. Os blocos de três células, ver Figura 8b), têm como objectivo a simplificação da tecnologia da construção relativa ao posicionamento das armaduras verticais. Para facilitar a colocação de armaduras e realizar uma transferência mais adequadas de tensões verticais instaladas, foi assegurada uma continuidade vertical dos septos no bloco de três células, ver Figura 8c).

Relativamente ao processo de construção refere-se que os blocos de duas células permitem a colocação de armaduras verticais embebidas em juntas verticais contínuas de argamassa ou colocadas numa das células verticais sendo posteriormente preenchida por argamassa, ver Figura 9. Existe a possibilidade de utilizar elementos de confinamento, de betão pouco armado, em vez da utilização de armaduras treliçadas tipo Murfor® (Bekaert). A solução com blocos de três células permite a utilização de um aparelho corrente sendo a célula central trespassada pelas armaduras verticais, ou então utilizando um aparelho alterado de forma a criar uma junta contínua vertical para passagem dessas armaduras. Em ambas as soluções a vantagem do sistema com junta vertical contínua armada consiste na possibilidade de posicionamento prévio das armaduras verticais, mantendo-se praticamente

a técnica construtiva tradicional de assentamento de alvenaria não estrutural, conduzindo por isso a alterações mínimas da tecnologia de construção [11]. A avaliação laboratorial das soluções em estudo contempla a caracterização mecânica semelhante ao efectuado para as unidades de alvenaria de betão leve. Uma descrição mais detalhada dos resultados experimentais podem ser consultados em [12].

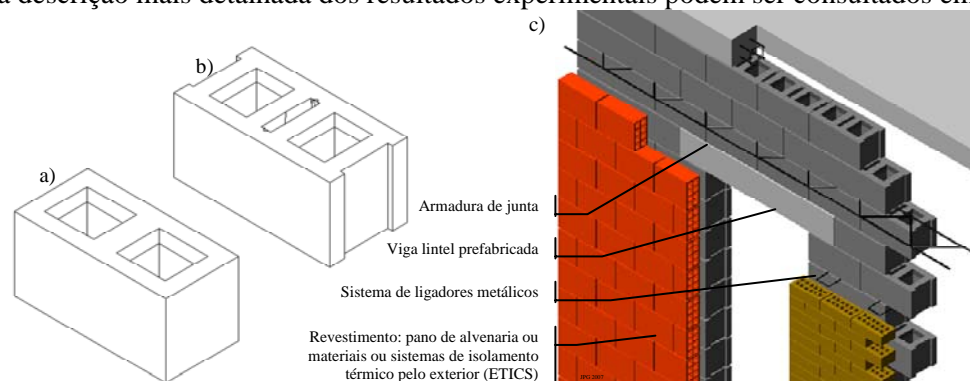


Figura 8 – Esquemas em estudo: a) blocos de duas células, 400×200×200; b) blocos de três células, 400×200×200; e c) Proposta de pormenor de execução.

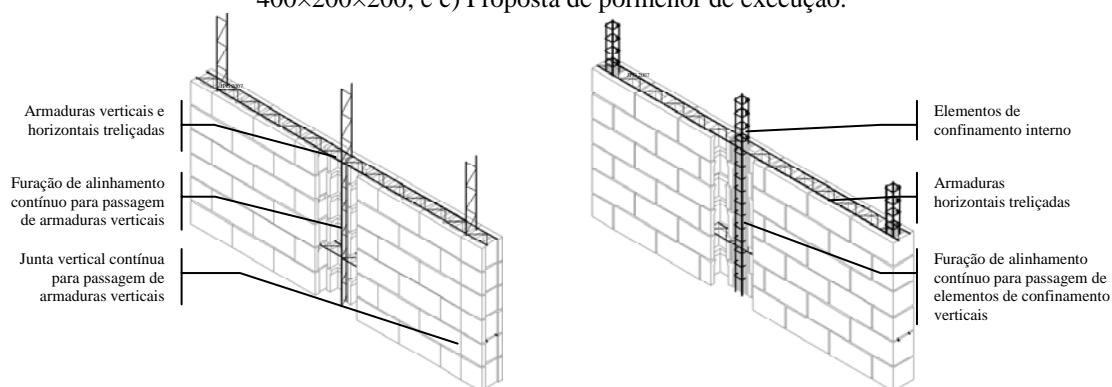


Figura 9 – Pormenores de colocação de armaduras e alinhamentos verticais para esse efeito.

3.3 Unidades de alvenaria de cerâmica.

O Projecto cBloco, financiado pela Agencia de Inovação, tem a colaboração da Universidade do Minho com outras entidades de produção cerâmica e de investigação, e com ele pretende-se o desenvolvimento de um bloco cerâmico que garanta os requisitos térmicos agora exigidos pela nova regulamentação, bem como um adequado comportamento mecânico para a sua utilização nacional em soluções de alvenaria simples, confinada e armada.

O estudo da solução recorrendo a unidades cerâmicas, está ainda numa fase inicial de desenvolvimento do produto, formulação da configuração geométrica do bloco e de estudo da pasta cerâmica (módulo cBloco:_Elementos), devendo seguir-se ensaios de caracterização do bloco cerâmico e de paredes de alvenaria simples, confinada e armada, sujeitas a acções de compressão e de corte, bem como de um manual de dimensionamento (módulo cBloco:_Dimensionamento Estrutural).

As preocupações de comportamento térmico de acordo com as exigências definidas no recente regulamento [13], bem como as exigências dimensionais [5][6] tem sido tomadas em conta no sentido de conceber um sistema de alvenaria em que o bloco padrão, ver Figura 10a) e b), cumpra os respectivos requisitos. De momento são objecto de estudo de caracterização física e de composição da pasta, três dimensões de blocos: 300×200×250, 300×200×300 e 300×200×370, sendo estas medidas referenciadas em milímetros na forma comprimento l × altura h × espessura t . Com estas três

tipologias, ficam abrangidas as diferentes zonas climáticas do país [13] e suas exigências, nomeadamente, os coeficientes de transmissão térmicas de *referência*.

Na sequência deste projecto é esperado o desenvolvimento de um sistema construtivo composto por blocos de diferentes tipologias e dimensões, dos quais se referem alguns dos blocos na Figura 10c). Esta figura apresenta uma proposta de pormenor da solução construtiva em estudo.

Esta solução tem por princípio a simplificação de paredes de alvenaria, executadas apenas por um pano, e em que haja a possibilidade do não preenchimento de juntas verticais com argamassa existindo por isso um adequado sistema de encaixe na unidade, ver Figura 11. Na necessidade de preenchimento da junta a justaposição das unidades permite a formação de uma bolsa apropriada para o efeito, podendo esse preenchimento ser feito à posteriori.

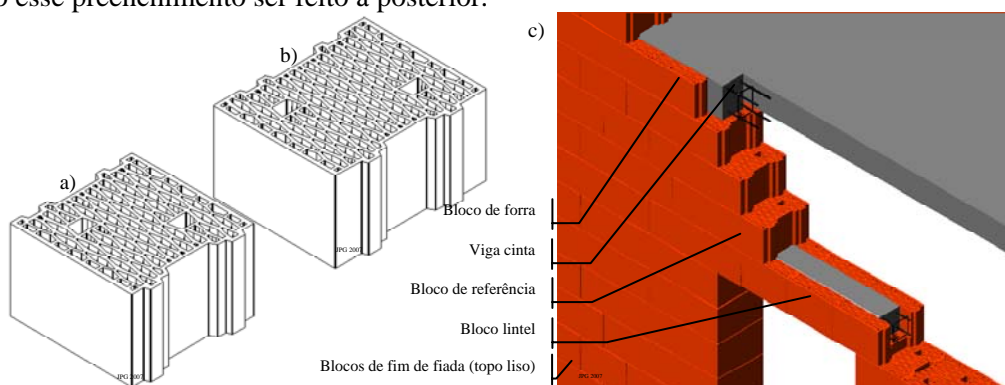


Figura 10 – Esquemas em avaliação: a) bloco 300×200×250; b) bloco 300×200×370; e c) Proposta de pormenor de execução.

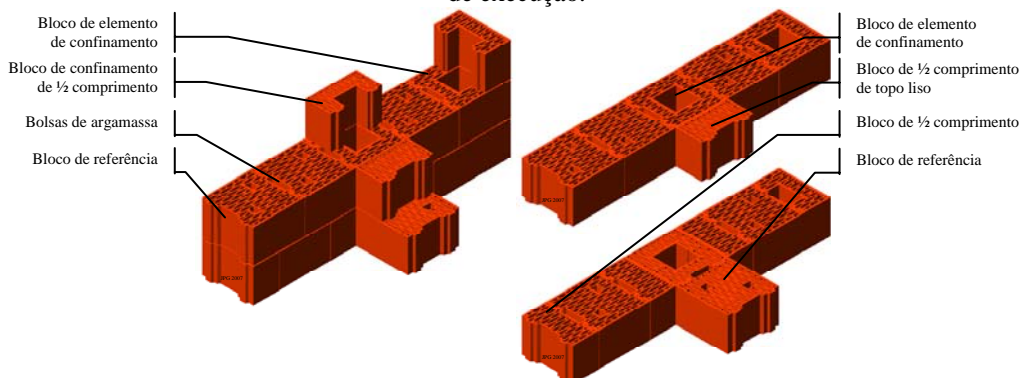


Figura 11 – Fiadas pares e ímpares com distribuição de blocos cerâmicos com configuração adequada.

3.4 Exigências para unidades de alvenaria.

Neste ponto pretende-se abordar de forma muito sucinta aspectos maior interesse para a concepção e produção e aplicação de blocos para alvenaria. Estes elementos devem individualmente satisfazer requisitos diversos e permitirem a execução de panos de alvenaria sujeitas também ao cumprimento de características físicas e mecânicas definidas por regulamentos. Na Tabela 1 apresentam-se valores da espessura mínima de paredes de alvenaria para as quais devem ser concebidos os sistemas construtivos.

Para que um produto possa ser comercializado no mercado europeu, deve possuir um Sistema de Comprovação da Conformidade e de Produto Marcado com Requisitos Essenciais, que conduz à **marcação CE**. Este requisito obriga a verificação de determinados requisitos: (a) estabilidade e resistência mecânica, (b) segurança ao fogo, (c) Higiene, saúde e ambiente, (d) segurança na utilização, (e) protecção contra o ruído e (f) economia de energia e retenção do calor facto. A

resistência à compressão de blocos deve ser de 5 MPa, devendo resultar de valores normalizados. No caso da empresa de produção fornecer valores médios, estes devem ser corrigidos através de um factor de forma δ . A resistência mecânica da parede de alvenaria é calculada por expressões de acordo com o tipo de elementos de alvenaria, agrupados consoante as suas características geométricas, ver em [14].

Tabela 1 – Espessuras mínimas para paredes de alvenaria.

Paredes de Alvenaria	Espessuras mínimas (mm)					
	RGE [15]		EC6 [5]	EC8 [6]		
	(1)	(2)	(1)	Não armada (3)	Confinada (4)	Armada (4)
Exteriores ou de limitação da fracção autónoma (paredes resistentes)	250	150	150	170	240	240
Contraventamento (interiores resistentes)		150	100	-	-	-
Divisórias (interiores resistentes)		150	150	170	240	240
Divisórias (interiores não resistentes)		150	-	-	-	-

(¹) Espessura total
(²) Espessura do pano exterior em paredes exteriores duplas
(³) Em edifício em Zona de baixa sismicidade
(⁴) Em edifício em zona de sismicidade normal

Relativamente a requisitos térmicos, para as paredes de alvenaria são exigidos valores do coeficiente de transmissão térmica de *referência* que variam de 0.5 a 0.7 W/m².°C, consoante a Zona climática térmica, devendo haver estudos cuidados quanto às tradicionais perdas pelas pontes térmicas, ver [13]. Quanto a requisitos acústicos, as características de isolamento a sons de condução aérea de paredes exteriores com funções resistentes devem ser tomadas de valor igual ou superior a 50 dB [16].

No que diz respeito à resistência ao fogo, o Eurocódigo 6 [17] define critérios de exigência para o comportamento de paredes de acordo com a resistência mecânica (*R*), insolação (*I*), integridade (*E*) e ao impacto mecânico (*M*), sendo a classificação de paredes feitas como elementos com Estabilidade ao fogo (*EF*), Pára-Chamas (*PC*) ou Corta-Fogo (*CF*). Para paredes com função estrutural é definida a exigência (*EF - R*) e no caso de paredes de blocos de betão corrente com pelo menos 20 cm de espessura a sua classe é no mínimo *EF120*, sendo da classe *M0* quanto à combustibilidade [17].

As Directivas Europeias recentes definem igualmente condições de segurança e de saúde na execução de paredes e são referidos limites máximos para movimentação de produtos de construção (por ex.: blocos de alvenaria) [18]. O valor limite de 20 kg é aplicável a acções de movimentação para cargas demasiado pesadas em operações frequentes, no entanto considera-se recomendável um valor próximo de 15 kg para acções muito frequentes como é o caso de elevação de paredes de alvenaria.

4 Conclusões

Do passado resulta uma história que marca uma evolução da utilização de paredes de alvenarias. No presente julga-se que existem motivações económicas para o fomento de uma tecnologia mais racional e baseada na simplicidade construtiva, justificando-se o investimento da comunidade técnica e científica em geral. Os projectos em curso são uma contribuição para essa realidade nacional, sendo esperado que daí resultem documentos de concepção arquitectónica e de dimensionamento, bem como de recomendações para uma construção pensada, planeada e executada com princípios de boa construção, em benefício das capacidade de resistência das paredes de alvenaria e em prejuízo da (má) concepção actual de execução de paredes de alvenaria destinadas apenas ao fechamento ou preenchimento de estruturas porticadas de elementos e em betão armado ou aço.

Referências

- [1] Lourenço, P.B. - *Dimensionamento de Alvenarias estruturais*. Relatório 99-DEC/E-7, Universidade do Minho, Guimarães, 1999. Disponível em www.civil.uminho.pt/masonry/.
- [2] Gouveia, J.P. - *Comportamento de Estruturas de Alvenaria por Aplicação de Acções de Compressão*. Dissertação para obtenção do grau de mestre em engenharia civil na especialidade de estruturas. DEC/FCTUC, 2000.

- [3] LNEC - *A gaiola como génese da construção anti-sísmica*. Pesquisa a 06-10-2007 em http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/gaiol_const_sism.html. NESDE, LNEC, Lisboa.
- [4] Lourenço, P.B. - *Possibilidades actuais na utilização da alvenaria estrutural*. Paredes de Alvenaria: Inovação e Possibilidades Actuais. Ed. por P.B Lourenço et al., Universidade do Minho e LNEC, 2007.
- [5] EN 1996-1-1 - *Eurocode 6: Design of Masonry Structures – Part 1-1: Common Rules for Reinforced and Unreinforced Masonry Structures*, CEN/TC250, European Standard, 2005.
- [6] EN 1998-1 - *Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance – Part 1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings*. CEN/TC250, European Standard, 2004.
- [7] Gouveia, J.P.; Lourenço, P.B. - *Masonry shear walls subjected to cyclic loading: influence of confinement and horizontal reinforcement*. Proceedings of the Tenth North American Masonry Conference, The Masonry Society, pp. 838-848, USA, 2007.
- [8] Haach, V.G., Vasconcelos, G., Lourenço, P.B. - *Cyclic behaviour of truss type reinforced concrete masonry walls*. 7º Congresso de Sismologia e Engenharia Sísmica, SPES, FEUP, Porto, 2007, CD-ROM. 12 pp.
- [9] Gouveia, J.P., Lourenço, P.B.- *Avaliação do comportamento de paredes de alvenaria com blocos de betão leve*. 4^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia de Estruturas, LNEC, Lisboa, 2006, CD-ROM. 11 pp.
- [10] Sousa, H. - *Melhoria do comportamento térmico e mecânico das alvenarias por actuação na geometria dos elementos – aplicação a elementos de betão de argila expandida*. Dissertação apresentada a concurso para obtenção do grau de Doutor da FEUP. Porto, FEUP, 1996.
- [11] Vasconcelos, G.; Gouveia, J.P.; Lourenço, P.B.; Haach, V. - *Alvenaria armada: soluções inovadoras em Portugal*. Paredes de Alvenaria: Inovação e Possibilidades Actuais. Ed. por P.B Lourenço et al., Universidade do Minho e LNEC, 2007.
- [12] Haach, V.G., Vasconcelos, G., Lourenço, P.B. – *In plane experimental behavior of reinforced concrete masonry walls*. Relatório de investigação, Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil, 2007 (em publicação).
- [13] RCCTE – *Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios*. Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de Abril. CSOPT, Lisboa, 2006.
- [14] Gouveia, J.P.; Lourenço, P.B. - *O Eurocódigo 6 e o dimensionamento de estruturas de alvenaria*. Dossier "Eurocódigos Estruturais", Construção Magazine n.º 17, pp 34-40, 2006.
- [15] RGE – *Regulamento Geral de Edificações*. Portaria n.º 62/2003, de 16 de Janeiro. CSOPT, Lisboa, 2003.
- [16] RRAE – *Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios*. Decreto-Lei n.º 129/2002, de 11 de Maio. Lisboa, 2002.
- [17] EN 1996-1-2 - *Eurocode 6: Design of Masonry Structures. Part 1-2: General rules – Structural fire design*. CEN/TC250, European Standard, 2003.
- [18] Decreto-Lei n.º 330/93, de 25 de Setembro – *Prescrições mínimas de segurança e de saúde na movimentação manual de cargas*. Alterado pela Lei n.º 113/99, de 3 de Agosto, que transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva do Conselho n.º 90/269/CEE, de 29 de Maio.
