



ESCOLA POLITÉCNICA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Departamento de Engenharia de
Construção Civil

**A CAPACIDADE RESISTENTE DA ALVENARIA
ESTRUTURAL NÃO ARMADA**

PCC-2515- Alvenaria Estrutural

MSc. Rolando Ramirez Vilató
Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco

São Paulo
2000

SUMÁRIO

1. Introdução.....	1
2. Argamassa de assentamento.....	1
2.1. Tipos de argamassas.....	2
2.2. Especificações de projeto.....	3
3. Componentes de alvenaria.....	4
3.1. Tipos de componentes.....	5
3.2. Especificações de projeto.....	5
4. Graute.....	6
4.1. Especificações de projeto.....	7
5. A parede resistente.....	7
6. Deformabilidade da parede.....	12
7. Introdução da segurança.....	14
7.1. Considerações do Código ACI.....	15
7.2. Considerações da NBR-10837.....	16
7.3. Considerações do Código BS.....	17
8. Referências bibliográficas.....	18

1. Introdução

Uma das questões fundamentais no projeto das estruturas de alvenaria é a definição da capacidade resistente do elemento. Este parâmetro de projeto depende, em primeiro lugar, das características dos materiais que serão utilizados. Em segundo lugar, de como estas características se integram no conjunto da alvenaria e, finalmente, de como as propriedades de resistência do elemento são convertidas em valores numéricos que possam ser utilizados no dimensionamento da estrutura, com um certo nível de segurança.

Para tratar estes aspectos, neste documento são identificados os tipos de argamassas e componentes de alvenaria, destacando as propriedades mais importantes que devem ser consideradas na garantia da capacidade resistente. Embora com um emprego mais limitado dentro da alvenaria não armada, análise similar é feita para o graute.

Feita esta caracterização geral, é abordada a definição dos parâmetros de resistência e de deformação do elemento parede em função das propriedades dos materiais e de outros fatores. Como parte da análise são apresentados alguns dos resultados obtidos em trabalhos experimentais de vários autores.

2. Argamassa de assentamento

Dentro do conjunto da alvenaria a argamassa de assentamento tem várias funções a cumprir. Estas têm sido caracterizadas como: unir os componentes de alvenaria para que o conjunto seja capaz de resistir diversos tipos de esforços, distribuir uniformemente as cargas atuantes na parede por toda a área resistente do bloco, absorver as deformações a que a alvenaria estiver sujeita, e selar o conjunto quando a alvenaria for aparente.

Na conformação das juntas horizontais e verticais, cabe à argamassa acomodar as pequenas imperfeições dos componentes e absorver as diferenças dimensionais destes, especificadas pelas normas para valor máximo de ± 3 mm.

Para que a argamassa seja capaz de desempenhar estas funções satisfatoriamente, deve-se zelar por determinadas propriedades no estado fresco e no estado endurecido. No estado fresco há que prestar atenção à trabalhabilidade e à capacidade de retenção de água; enquanto no estado endurecido as principais propriedades seriam: resistência mecânica, capacidade de absorver deformações, resistência de aderência, retração na secagem e durabilidade.

Em geral, a importância da trabalhabilidade está radicada na sua influência no correto preenchimento das juntas entre componentes e, em consequência, na precisão das características geométricas da parede. Do inadequado tratamento desta propriedade podem-se derivar quedas acentuadas da resistência do elemento e futuros problemas patológicos.

À capacidade de retenção de água estão associadas outras propriedades. Em primeiro lugar a trabalhabilidade, pois ante a perda de relativamente pequenas quantidades de água a argamassa perde fluência e plasticidade. Por outro lado, a pouca capacidade de retenção de água se traduz numa diminuição da capacidade de absorver deformações e no aumento do potencial de retração ao aumentar a umidade dos blocos. Outra consequência da pouca retenção de água seria a diminuição da aderência na interface junta de argamassa-bloco.

A aderência é normalmente reconhecida como a mais importante das propriedades da argamassa de assentamento. Uma diminuição neste parâmetro de resistência se traduz numa diminuição da resistência do elemento à flexão e ao cisalhamento.

A aderência depende tanto das características da argamassa quanto do bloco. No que diz respeito aos blocos, a aderência estaria condicionada principalmente por propriedades como a absorção inicial (IRA) e suas características superficiais.

Outros fatores que condicionam a aderência e que serão considerados neste trabalho, são o conteúdo de ar da argamassa fresca e as características da mão-de-obra.

2.1. Tipos de argamassas

Do compromisso que existe entre as diferentes propriedades das argamassas, entende-se a dificuldade que se tem em garantir uma determinada propriedade, sem detrimento das restantes. No entanto, com a incorporação da cal e outros aditivos pode-se alcançar um determinado equilíbrio entre os diferentes fatores.

A introdução destes elementos leva à definição de cinco tipos de argamassas: argamassa de cal, argamassa de cimento, argamassa mista de cal e cimento, argamassa de cimento de alvenaria, e argamassas com aditivos.

Segundo Sabbatini⁽³⁹⁾, as argamassas de cal têm como desvantagem seus baixos valores de resistência e a necessidade de condições ambientais específicas para seu endurecimento. Contrariamente, as argamassas de cimento conseguem atingir altos valores de resistência, mas têm como limitante fundamental sua pouca trabalhabilidade, isto faz com que sejam apenas recomendáveis naqueles casos particulares em que se precisa de altos valores de resistência à compressão.

Os restantes três tipos de argamassas têm maiores possibilidades de aplicação na alvenaria estrutural. Na sequência são feitos alguns comentários com base nas características gerais de cada uma delas.

Argamassas mistas de cal e cimento: a idéia básica destas argamassas é a substituição gradativa do cimento Portland pela cal, para assim obter argamassas menos rígidas. Tanto Sabbatini⁽³⁹⁾, quanto Grimm⁽²⁴⁾ e Walker⁽⁴³⁾, consideram estas argamassas como as de emprego mais adequado dentro da alvenaria estrutural não armada.

Walker⁽⁴³⁾ explica que mesmo que sejam utilizados outros aditivos, nenhum deles consegue substituir as propriedades da cal. Características da cal como: a pequena espessura das partículas de hidróxido, sua capacidade de hidratação, sua grande superfície específica e a forma hexagonal, levam a uma maior retenção de água, maior nível de lubrificação, uma adequada plasticidade, e à penetração das partículas nos poros microscópicos dos componentes.

Estes efeitos representam uma melhoria da trabalhabilidade e da aderência na interface componente-argamassa, se comparada com as argamassas de cimento de alvenaria. Adicionalmente, a menor rigidez destas argamassas, implica uma melhoria na capacidade de acomodar deformações.

Na garantia das propriedades das argamassas mistas devem ainda serem considerados outros fatores como a granulometria da areia, a relação água cimento, as características dos componentes e as condições de cura.

Argamassas de cimento de alvenaria: uma vez que este tipo de argamassa é industrializada, normalmente não se conhece a composição exata delas e podem existir certas diferenças entre o produto de um e de outro fabricante. Em geral, elas contêm cimento Portland, areia e um “filler” mineral, geralmente calcário. Opcionalmente, estas podem incluir na sua composição algum aditivo plastificante para melhorar a trabalhabilidade.

Atualmente no Brasil este tipo de argamassa não é utilizada. O fato de que seja empregada em outros países deve-se a algumas das vantagens que estas apresentam. Isberner⁽²⁸⁾ destaca como principais vantagens: a uniformidade que se consegue no traço da argamassa, sua boa trabalhabilidade, e uma melhoria da durabilidade pela introdução de aditivos incorporadores de ar*. No entanto, Grimm⁽²⁴⁾, analisando os relatórios de mais de 20 pesquisas, comenta que a resistência à aderência das argamassas mistas de cal e cimento pode ser até 50 % maior do que a resistência à aderência das argamassas de cimento de alvenaria do mesmo tipo.

Argamassas com aditivos: o objetivo destas argamassas é diminuir o conteúdo de cimento na dosagem para melhorar a capacidade de deformação, e incorporar aditivos que melhorem outras propriedades, como a trabalhabilidade e a capacidade de retenção de água.

A definição do tipo de aditivo e o estabelecimento da dosagem correta, precisa de avaliação experimental. Por esta razão este tipo de argamassa normalmente é industrializado ficando por conta do fabricante o estabelecimento de suas especificações e possibilidades de emprego.

2.2. Especificações de projeto

As argamassas de assentamento mais frequentemente utilizadas no Brasil são as mistas de cal e cimento, e as argamassas com aditivos, se industrializadas.

No caso de serem utilizadas argamassas mistas é necessário definir o traço unitário básico em volume de materiais úmidos. Traços normalmente especificados em projeto e que têm sido considerados em várias pesquisas são os traços 1:2:9 de cimento:cal:areia, 1:1,5:7,5 e 1:1:6.

Além do traço, o projeto deve conter outras especificações como:

- traço unitário básico em volume seco;
- massas unitárias adotadas para o cimento, a cal e a areia;

* A utilização de aditivos incorporadores de ar nas argamassas de assentamento é um assunto bastante polêmico, uma discussão neste sentido é apresentada por Melander et al.⁽³³⁾. Este tipo de aditivo melhora a trabalhabilidade e a durabilidade sob baixas temperaturas, mas existe o critério de que compromete severamente a resistência à aderência. As normas do ASTM e do *Brick Institute of America* limitam o conteúdo de ar incorporado na argamassa de assentamento da alvenaria não armada a 12 %. O *Uniform Building Code*, nas suas últimas edições, simplesmente proíbe o emprego de argamassas com introdutórios de ar.

- traço para obra da argamassa intermediária (cal hidratada, areia úmida, água), em caso de se determinar o traço em padiolas, especificar suas dimensões;
- tipo de cimento e de cal;
- % de umidade da areia e % de inchamento considerado na definição da quantidade de água;
- traço para obra da argamassa mista (cimento, argamassa intermediária, água);
- parâmetros de resistência que deve cumprir a argamassa: valores médios de resistência de aderência à flexão e resistência à compressão. Especificar a idade dos corpos de prova e a norma a ser utilizada no método de ensaio;
- características da areia: granulometria, tamanho máximo dos grãos;
- consumos finais dos materiais: cimento e cal hidratada em Kg/m^3 , areia úmida em m^3/m^3 .

Em qualquer caso as especificações deverão considerar o método de produção, de transporte e colocação da argamassa. Na NBR-8798⁽¹³⁾ são dadas algumas recomendações relativas às técnicas que podem ser empregadas na mistura dos materiais, as exigências do transporte, e as condições a obedecer na colocação da argamassa.

No caso de serem utilizadas argamassas industrializadas, tanto projetista como construtor devem ter claro entendimento da suas especificações. Mesmo que o projeto considere o emprego de uma argamassa industrializada, deve-se oferecer como traço alternativo alguma argamassa mista, para assim prever possíveis interrupções no fornecimento do produto ou perdas de estoques.

Na medida em que se desenvolvam trabalhos de pesquisas relacionados ao comportamento das argamassas de assentamento, será possível chegar a especificações de projeto que considerem fatores como as características dos componentes de alvenaria e a localização do elemento estrutural.

3. Componentes de alvenaria

A principal função que pode ser atribuída aos componentes é sua responsabilidade na definição da resistência mecânica da parede. Além disso, os componentes, junto à argamassa de assentamento e os revestimentos, têm um papel determinante em outras características da alvenaria como a durabilidade e a satisfação dos requisitos ambientais.

Para avaliar a capacidade do componente de satisfazer os requisitos que deve cumprir a parede de alvenaria, há que considerar uma série de propriedades. Estas propriedades tem sido identificadas nos trabalhos de Sabbatini⁽⁴⁰⁾ e Franco⁽²¹⁾ como: resistência a esforços mecânicos, durabilidade frente a agentes agressivos, estabilidade dimensional e precisão dimensional.

As características dos componentes mais diretamente associadas ao cumprimento dos requisitos ambientais seriam: densidade de massa, massa específica aparente, coeficiente de condutibilidade térmica e absorção total.

Deve-se ainda considerar aquelas características dos componentes que levam a um aumento da produtividade e que viabilizam a racionalização da execução. Franco⁽²⁰⁾ considera como aspectos fundamentais: o peso e formato do componente, a necessidade de que a área para a colocação da argamassa seja compatível com a técnica de assentamento, e que o componente selecionado considere as restantes soluções construtivas. Quando abordado este

último aspecto, há que pensar na forma de canalizar as instalações, no aparelho de amarração entre paredes, no modo de fixação das esquadrias, no tipo e espessura dos revestimentos, nas possíveis soluções dos diferentes tipos de junta, etc..

3.1. Tipos de componentes

A caracterização do material e o atendimento aos critérios construtivos depende, primeiramente, do tipo de componente. Na alvenaria estrutural podem ser empregados: bloco cerâmico, bloco de concreto, bloco sílico-calcário, ou bloco de concreto celular autoclavado.

Atualmente os mais freqüentemente utilizados no Brasil são os blocos de concreto e os blocos cerâmicos. A razão fundamental para esta preferência estaria na maior disponibilidade destes produtos no mercado e na maior tradição destes materiais. Na Tabela 1 são apresentadas as características básicas destes componentes, outros tipos de componentes e dimensões encontram-se na ABCI⁽⁷⁾.

Tabela 1. Características básicas dos componentes de alvenaria.

Tipo de bloco	Dimensões nominais mais comuns ¹ (comprimento x largura x altura, em mm)	Resistência à compressão ² (MPa)
cerâmico	390 x 190 x 190 290 x 140 x 190 240 x 115 x 113 ³	4 (para classe C) 7 (para classe D) 10 (para classe E)
concreto	390 x 190 x 190 390 x 140 x 190 290 x 140 x 190	6 (alvenaria externa aparente) 4,5 (alvenaria com revestimento)

Notas: ¹ Para ambos tipos de blocos as tolerâncias especificadas para as dimensões são de 3 mm.

² Valores mínimos segundo os critérios de aceitação das normas NBR-7171⁽⁸⁾ e NBR-6136⁽¹¹⁾. Os valores de tensão são relativos à área bruta do bloco, tal como especificam as normas NBR-6461⁽⁹⁾ e NBR-7186⁽¹⁰⁾.

³ Estas dimensões surgem como resultado da imitação das dimensões do bloco sílico-calcário, o qual responde à normalização alemã.

Na Tabela 1 entende-se como **dimensão nominal** aquela especificada pelo fabricante para as arestas, a **dimensão real** seria a que se obtêm ao medir o componente que se recebe em obra. Estas definições correspondem aos conceitos adotados na NBR-7171⁽⁸⁾. Na NBR-6136⁽¹¹⁾ estes termos têm uma outra interpretação.

Outras questões como o papel do componente na resistência aos esforços mecânicos e sua influência nas características de deformação da parede são tratadas no contexto dos Epígrafes 5 e 6.

3.2. Especificações de projeto

Embora a seleção dos componentes é um processo complexo e de grande importância, as especificações finalmente contidas no projeto são simples, já que estes são um produto industrial. Essencialmente, estas informações se referem ao tipo de componente, suas dimensões, e resistência característica mínima à compressão. No caso de serem definidas

resistências ou espessuras diferentes por andar, o projeto deveria ser o suficientemente claro em toda sua documentação.

Como resultado das soluções associadas à racionalização da execução, normalmente é necessário definir uma série de componentes especiais, cujas características dimensionais e de resistência também devem ser especificadas.

Dado o desconhecimento que muitos construtores têm das exigências deste tipo de obra, é recomendável que façam parte do projeto outras informações como: critérios de aceitação (particularmente a verificação da resistência à compressão), requisitos de estocagem, cuidados na manipulação e técnica de assentamento.

4. Graute

Na alvenaria não armada o graute apresenta-se como uma opção de incrementar a capacidade resistente da parede, seja pelo incremento da seção transversal submetida a esforços de compressão, ou pelo aumento da rigidez do elemento quando submetido a cargas laterais.

Em geral, o graute é constituído pelos mesmos materiais que o concreto (cimento, adições, agregados, água). As características particulares do graute consistem na necessidade de especificar uma dimensão característica máxima do agregado de 9,5 mm e um fator água/cimento na faixa de 0,85 a 0,90, para permitir o enchimento completo dos vazios.

A maior relação água cimento do graute também se faz necessária pelo poder de absorção das paredes dos componentes que lhe servem de fôrma. Na dosagem deve-se considerar as características dos componentes, a fim de evitar que falte água na hidratação do cimento.

De acordo com a contribuição que se quer obter do graute na capacidade resistente e as características dos trabalhos de execução, deve-se prestar atenção a uma série de propriedades no estado fresco como: trabalhabilidade, consistência, capacidade de retenção de água; e um outro conjunto de propriedades no estado endurecido, como a resistência à compressão e a aderência graute-bloco.

Os diferentes tipos de graute surgem dos diferentes tipos de adições ou aditivos que podem ser incorporados na mistura a fim de melhorar uma ou várias de suas propriedades.

Oliveira⁽³⁵⁾, em trabalho que compara vários tipos de graute, destaca os valores significativamente baixos de resistência mecânica dos grautes com relações agregados secos-cimento, em volume, de 6 e 7, recomendando o uso de aqueles traços mais tradicionais, com relações na ordem de 3 a 5. O autor também destaca como os grautes com adição de cinza volante podem ter resistências mecânicas de até 70 % acima dos grautes com adição de cal hidratada. Este acréscimo de resistência seria devido à contribuição da atividade pozolânica da cinza volante.

Hooker⁽²⁷⁾, num outro trabalho dedicado a fazer uma caracterização geral de diferentes tipos de grautes, descreve as vantagens e cuidados que se precisa ter no emprego de aditivos retardadores, superplastificantes, e compensadores de retração.

4.1. Especificações de projeto

A maior desvantagem do graute é o nível de interferência que introduz no levantamento da alvenaria, pelas constantes interrupções que sofre o trabalho de assentamento dos componentes. Por esta razão, a indicação de graute deve ser cuidadosamente avaliada e o projeto deve incluir recomendações relativas à técnica de execução.

No Brasil o tipo de graute mais comum nas obras é aquele que contempla o uso da cal como parte do aglomerante. O emprego da cal leva à melhoria de propriedades como a trabalhabilidade e a capacidade de retenção de água. De forma similar às argamassas, quando o projeto considerar graute, deve especificar:

- dosagem em volume de materiais secos. Ex.: cimento em sacos, cal hidratada, areia e pedrisco em padiolas, água em litros;
- tipo de cimento e de cal;
- % de umidade da areia e % de inchamento considerado na definição da quantidade de água;
- modo de misturar os materiais. Especificar volumes e seqüência;
- valor de consistência especificando o método de ensaio;
- valor de resistência característica à compressão aos 28 dias. Especificar normalização do método de ensaio e frequência de amostragem;
- granulometria e dimensão máxima dos grãos de areia e de pedrisco;
- consumos finais dos materiais: cimento e cal hidratada em kg/m^3 , areia úmida e pedrisco em m^3/m^3 .

Em relação à execução é recomendável que o projeto especifique: tipo de equipamento a ser empregado na mistura, tempo de mistura, altura de lançamento, técnica de adensamento, localização de janelas de inspeção do graute, técnica e tempo de cura.

A NBR-8798⁽¹³⁾ especifica as exigências das possíveis técnicas de mistura dos materiais, os cuidados que devem ser tomados no transporte, e os requisitos da colocação, o adensamento e a cura do graute.

Na alvenaria não armada, onde os volumes de graute são pequenos, normalmente os métodos de produção e as técnicas de colocação são os mais simples. Em outros países, onde predomina a alvenaria armada, tem-se desenvolvido procedimentos de execução que levam a um aumento considerável na produtividade desta atividade. Alguns destes outros procedimentos são descritos nos trabalhos de Gabby et al.⁽²²⁾, Suprenant^(41,42), Hanson⁽²⁵⁾, Keating⁽²⁹⁾, e Koski⁽³⁰⁾.

5. A parede resistente

A resistência mecânica de uma parede de alvenaria está relacionada aos seguintes fatores:

- características dos componentes de alvenaria;
- características da junta de argamassa;
- resistência de aderência do conjunto. E consequentemente: sucção inicial dos componentes, retenção de água da argamassa, qualidade da mão-de-obra e condições de cura;
- espessura e disposição das juntas (tipo de aparelho);

- propriedades geométricas da parede: razão de esbeltez, área da seção resistente, relação altura/comprimento.

Se analisada a influência das características da argamassa e dos componentes na resistência à compressão da parede, a primeira questão a destacar é a pouca influência da resistência à compressão da argamassa neste parâmetro de resistência. Esta conclusão já é de aceitação geral e tem sido confirmada em vários trabalhos experimentais nacionais.

Segundo Franco⁽²¹⁾, a aparente pouca influência que a argamassa exerce na resistência à compressão da alvenaria pode ser explicada pelo estado multi-axial de tensão ao qual a argamassa está submetida, causado pela retenção da deformação lateral da argamassa pelos blocos.

Se analisados estatisticamente os resultados dos ensaios das pesquisas de Franco⁽²¹⁾, Medeiros⁽³²⁾ e Muller⁽³⁴⁾, confirma-se que em todos os casos, para diferentes tipos de argamassas e componentes, a influência na resistência à compressão do tipo de argamassa é não significativa. É este fato o que possibilita variar as características da argamassa de tal modo que, mesmo que afetando o valor de sua resistência à compressão, se possa melhorar outras propriedades como a trabalhabilidade, a capacidade de retenção de água e a capacidade de acomodar deformações.

Na definição de qual deve ser o valor de resistência mais adequado, devem-se considerar as conclusões a que Gomes⁽²³⁾ chega num trabalho experimental orientado ao estudo da alvenaria cerâmica. A partir dos valores obtidos e da observação dos modos de ruptura, este autor comenta que o aumento da resistência da argamassa leva a uma ruptura excessivamente frágil, pois esta não consegue acompanhar os eventuais movimentos da estrutura. Por outro lado, argamassas de baixa resistência, não são capazes de absorver as imperfeições existentes nas unidades e não conseguem distribuir corretamente as tensões.

Com base na sua experiência, Gomes⁽²³⁾ recomenda o emprego de argamassas com uma resistência à compressão não inferior ao 70 % da resistência dos blocos e que em nenhum caso ultrapasse a resistência dos mesmos.

Deve-se alertar que a NBR-8798⁽¹³⁾ estabelece como exigência que a argamassa tenha uma resistência característica mínima à compressão de 9 MPa. Se considerados os valores de resistência obtidos nas pesquisas de Franco⁽²¹⁾, Collantes⁽¹⁶⁾, Muller⁽³⁴⁾ e Medeiros⁽³²⁾, para os traços 1:0,5:4,5, 1:1:6 e 1:2:9, o valor da norma pode ser considerado excessivamente alto. Se seguida a especificação da norma, as argamassas ficariam muito rígidas e não se poderia seguir a recomendação de Gomes⁽²³⁾ para a maior parte dos tipos de componentes que normalmente são empregados.

Quando considerados os componentes, é evidente sua influência na resistência à compressão da parede, mas esta depende ainda de outros fatores. Aspectos tais como: o tipo de componente, o método de ensaio, a relação de esbeltez, qualidade da mão-de-obra e características da junta de assentamento, levam a relações muito diferentes entre a resistência à compressão do componente e da parede. É esta a situação que se percebe nos comentários de Camacho⁽¹⁵⁾, que em referência a alguns trabalhos estrangeiros e nacionais, cita

coeficientes de eficiência* que variam entre 10 e 50 % para componentes cerâmicos, e entre 60 e 90 % para componentes de concreto.

Nas já referidas pesquisas da EPUSP, onde tem-se utilizado procedimentos de ensaio similares e o mesmo tipo de junta de assentamento, têm-se chegado aos coeficientes de eficiência mostrados na Tabela 2.

Tabela 2. Coeficientes de eficiência.

Tipo de bloco	Dimensões (comp. x largura x altura)	Resist. à compressão do bloco (MPa)	Coef. de eficiência (%)
Cerâmico	390 x 190 x 190 (Gomes ⁽²³⁾)	7,6	36
		9,6	32
		15,3	16
	240 x 115 x 113 (Franco ⁽²¹⁾)	10,6	36
	290 x 140 x 140 ¹ (Muller ⁽³⁴⁾)	22,5	12
Concreto	390 x 140 x 190 (Aly ⁽¹⁾)	7,9	64
		10,6	60
		13,3	62
	295 x 145 x 190 ² (Medeiros ⁽³²⁾)	8,4	53
		10,8	46
		11,1	50
		14,9	38

Notas: ¹ Bloco do fabricante TEBAS, atualmente inexistente no mercado.

² Bloco produzido pela construtora ENCOL, atualmente inexistente no mercado.

Da avaliação dos valores de coeficientes de eficiência determinados por estas pesquisas, pode-se concluir que a faixa de variação deste parâmetro está entre 40 e 65 % para os blocos de concreto, e entre 15 e 40 % para o bloco cerâmico. Uma outra observação de interesse é que para a alvenaria cerâmica o coeficiente tem uma queda considerável na medida que aumenta a resistência do bloco, enquanto que na alvenaria de bloco de concreto a queda é muito menor, ou não existe.

A importância do coeficiente de eficiência consiste na possibilidade que este oferece de se poder estimar a resistência da parede a partir da resistência do bloco. No momento em que o projetista aborda o dimensionamento da estrutura, carece de especificações que relacionem as características dos materiais que serão empregados com a capacidade resistente do elemento.

A Norma NBR-10837⁽¹²⁾ estabelece que sejam realizados ensaios de prismas ou paredes, para a partir destes valores, poder avaliar a capacidade resistente do elemento. No entanto, na

* coeficiente de eficiência: resistência à compressão da parede / resistência à compressão do bloco.

realidade este procedimento é pouco viável pois pressupõe uma clara caracterização dos materiais pelo fabricante, ou a realização de ensaios num momento em que o projeto está no seu estágio inicial.

Desta situação, e face à inexistência de estudos experimentais que dêem uma resposta abrangente ao problema, deriva-se a importância de uma caracterização aproximada dos coeficientes de eficiência de alguns componentes.

A fim de oferecer um recurso que sirva de orientação ao projetista, na Figura 1 são apresentadas as correlações que existem entre a resistência do bloco e os coeficientes de eficiência das paredes de bloco de concreto (Aly⁽¹⁾), e entre estas mesmas resistências de blocos e os coeficientes de eficiência das paredes de bloco cerâmico (Gomes⁽²³⁾).

Na figura também é incluída a relação entre a resistência dos blocos e os coeficientes de eficiência dos prismas de blocos de concreto dos ensaios de Aly⁽¹⁾. A utilidade deste outro tipo de correlação consiste em que se pode verificar a estimativa da resistência da parede baseando-se em ensaios de prismas.

Gomes⁽²³⁾ também realizou ensaios com prismas, mas as resistências que foram obtidas para estes corpos de prova foram praticamente as mesmas das paredes. O autor esclarece que estes resultados não devem ser extrapolados para todos os produtos e, em caso de mudar a geometria do componente, devem ser realizados ensaios de paredes. Na Figura 2 aparece a geometria geral de alguns dos componentes da Tabela 2.

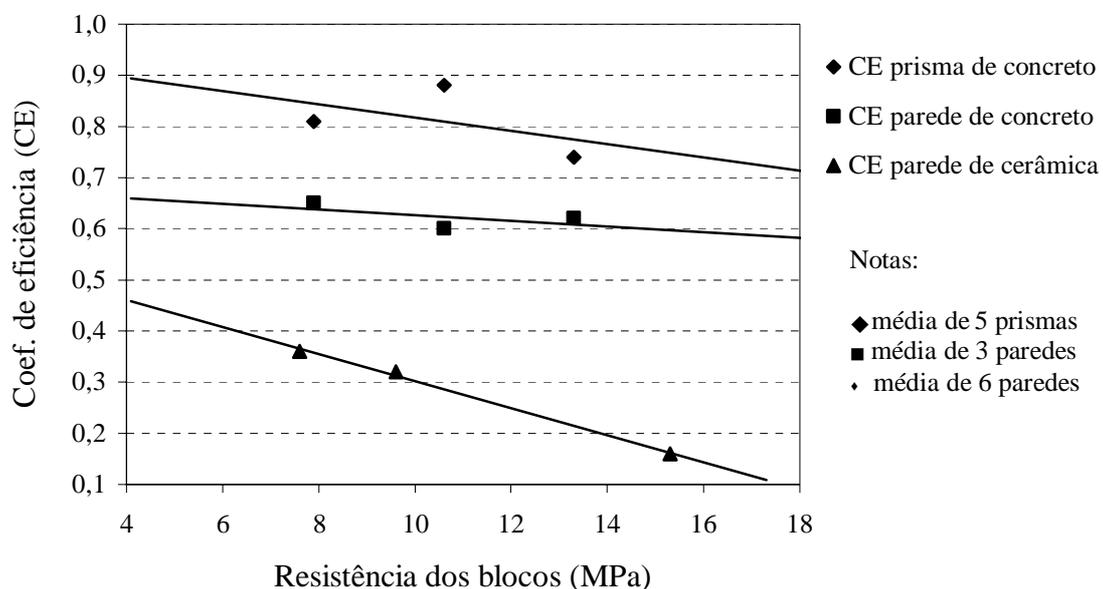


Figura 1. Coeficientes de eficiência das pesquisas de Aly⁽¹⁾ e Gomes⁽²³⁾.

Realmente é de esperar um comportamento diferente para outros componentes cerâmicos. Embora os coeficientes de eficiência das paredes ensaiadas por Gomes⁽²³⁾, Franco⁽²¹⁾ e Muller⁽³⁴⁾ sejam similares, o mesmo não acontece com relação às resistências dos prismas e das paredes. Para os componentes empregados por Gomes⁽²³⁾ a resistência do prisma é 4 % maior do que a da parede, mas nos ensaios de Franco⁽²¹⁾ esta diferença é de 40 %, e nos ensaios de Muller⁽³⁴⁾ é de 100 %. Em todos os casos foram utilizados prismas de dois blocos.

No caso de serem definidas seções transversais grauteadas, podem-se ter aumentos consideráveis na resistência à compressão. Tanto Aly⁽¹⁾, quanto Gomes⁽²³⁾, consideraram esta variável nos seus ensaios. Para as paredes de bloco de concreto foram obtidos incrementos de resistência entre 45 e 60 % e para paredes de bloco cerâmico entre 45 e 65 %. A magnitude do incremento depende em grande parte da geometria do bloco. Ambos autores destacam que para que o graute colabore na resistência da parede é necessário que este tenha uma resistência, no mínimo, igual à dos blocos.

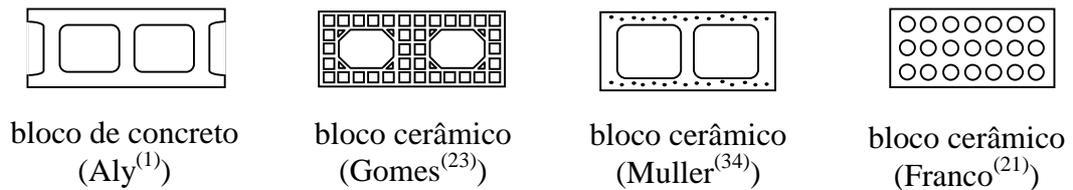


Figura 2. Seção transversal dos componentes dos trabalhos de referência.

Também é de esperar que o graute leve a um incremento notável da resistência com relação às cargas horizontais, particularmente, porque a capacidade resistente da parede a este tipo de esforço é crítica.

Dentre os fatores que influenciam na capacidade resistente, destaca-se a mão-de-obra. Hendry⁽²⁶⁾ relaciona os principais defeitos introduzidos pela mão-de-obra como: incorreta dosagem e mistura da argamassa, ajuste incorreto da sucção dos blocos, formação incorreta das juntas, movimentação dos blocos após a colocação, perda de alinhamento, prumo, nível e condições desfavoráveis de cura.

Baseando-se na bibliografia internacional, Franco⁽²¹⁾ cita alguns exemplos da influência dos erros da mão-de-obra. O mau preenchimento da junta horizontal pode representar uma diminuição do 30 % na resistência à compressão. A execução de juntas horizontais de 16 a 19 mm de espessura, ao invés de 10 mm, também pode levar a uma queda do 30 % na resistência. Paredes com 19 mm fora de prumo, fazem com que a resistência diminua num 15 %.

Neste mesmo sentido, Drysdale et al.⁽¹⁷⁾ referem um estudo no que foram combinados vários destes efeitos. Para um elemento que não tem recebido nenhum tipo de cura, com junta horizontal mau preenchida, espessura de junta de 16 mm, e 12 mm fora de prumo, foi verificada uma diminuição na resistência à compressão de 60 %.

Rodríguez et al.⁽³⁸⁾, numa pesquisa em que eram ensaiados prismas de alvenaria cerâmica à compressão, detectaram que ao mudar o pedreiro que executava os corpos de prova em condições de laboratório, existiam variações de até o 30 % na resistência.

Grimm⁽²⁴⁾, se referindo à resistência à aderência da alvenaria, comenta que quando o trabalho é inspecionado o valor da resistência à flexão pode ser de 30 a 100 % maior que no caso da alvenaria executada sem inspeção.

Em pesquisas nacionais têm-se outros valores indicativos da influência da mão-de-obra na resistência à aderência. Palacios⁽³⁶⁾, na execução de ensaios com prismas de blocos de concreto, verificou que argamassas não reamassadas com acréscimos de água, e utilizadas

após uma hora, provocavam perdas de até 60 % no valor de resistência à aderência. Em caso de o pedreiro deixar espalhada a argamassa no bloco por 6 minutos, a resistência também cai para 57 % do valor inicial. De ser empregadas juntas de 15 mm, ao invés de 10 mm, o valor de resistência tem quedas na ordem de 55 %.

As condições de cura constituem também um fator importante na garantia da capacidade resistente. Ante a incidência de ventos, calor e/ou baixa umidade relativa do ar, podem-se criar condições que favorecem a rápida evaporação da água da argamassa, levando a níveis de retração que se traduzem na perda da aderência.

Embora a cura da alvenaria não seja uma prática comum, quando prevista a existência de condições ambientais desfavoráveis, o projeto deverá compreender especificações relativas ao tipo e tempo de cura dos elementos*. Estas especificações terão maior importância naqueles elementos submetidos a esforços de flexão, ou no caso em que a parede tenha vazados grauteados.

Alguns dos possíveis procedimentos de cura são aspergir com água a parede durante as primeiras 24 horas, ou cobrir o elemento com lonas que também deverão ser umedecidas sistematicamente.

6. Deformabilidade da parede

Além da avaliação da influência da argamassa e dos componentes de alvenaria na resistência da parede, não se pode deixar de considerar a incidência que estes elementos têm nas características de deformabilidade da parede. A importância deste aspecto baseia-se na previsão de problemas patológicos e, conseqüentemente, no possível comprometimento da capacidade resistente.

As deformações na parede podem ser de pequena magnitude, como as originadas pelas variações de temperatura ou umidade, ou de maior magnitude, como as que impõem as cargas e os recalques diferenciais.

Em caso de serem empregadas argamassas fracas, estas conseguem acompanhar os pequenos movimentos, de tal forma que qualquer fissura tende a distribuir-se por fissuras capilares nas juntas que são imperceptíveis. Se utilizadas argamassas fortes, estas concentram os efeitos das pequenas deformações num pequeno número de fissuras com grande abertura, as quais comprometem o desempenho.

Ante as grandes deformações, tanto as argamassas fracas como fortes, dificilmente conseguiram resistir às solicitações. A alternativa neste caso é evitar ou minimizar este tipo de deformação através da adequada concepção da estrutura.

As características dos componentes podem ter grande influência no valor das pequenas deformações da parede. Quando aumenta a umidade do componente, seja por variações da umidade ambiente ou por outras causas, este sofre um aumento de volume que será reversível na medida em que a umidade diminua (retração reversível). Este comportamento dependerá, essencialmente, da natureza do material e da porcentagem de absorção do componente.

* O Código ACI⁽⁴⁾ considera como condições de execução adversas temperaturas acima de 37 °C, ou temperaturas maiores de 32 °C com ventos de 13 km/h.

Uma outra causa de deformação pode estar nas variações de temperatura. Neste caso a magnitude das deformações dependerá, principalmente, do coeficiente de dilatação térmica.

Como o comportamento da parede face estes efeitos depende do tipo de componente e do nível de exposição da parede, o projeto deve considerar estes fatores para definir a necessidade de juntas de movimentação, compatibilizar o tipo de componente e a argamassa, definir a forma de ligação entre paredes e estabelecer as características dos revestimentos.

No convênio EPUSP-ENCOL⁽¹⁸⁾, são estabelecidas as diferenças básicas dos componentes aqui tratados. Segundo esta referência, no que se refere à retração reversível, o bloco cerâmico apresenta uma amplitude de variação dos movimentos devidos à umidade por volta de 0,0 a 0,1 mm/m, que é bastante inferior à do bloco de concreto que se encontra por volta de 0,3 a 1 mm/m.

Em relação às variações térmicas, o referido trabalho aponta que no bloco cerâmico as deformações com origem na variação térmica são mais influentes que as causadas pela variação higroscópica. No caso do bloco de concreto, as variações higroscópicas são muito mais intensas que as deformações devidas à variação térmica, apesar dessas não serem desprezíveis.

Para minimizar o efeito destes tipos de deformação, tem-se ainda mais um recurso no projeto. Embora as juntas de argamassa têm como função absorver as deformações a que a alvenaria está sujeita, esta função pode ser melhorada através da especificação de juntas verticais secas entre os componentes.

Este procedimento, inicialmente proposto como parte do Processo Construtivo POLI-ENCOL⁽³⁷⁾, considera que a espessura da junta vertical passe de 10 mm a 3 ou 5 mm, dimensão que corresponde aproximadamente à espessura da colher de pedreiro.

Com a adoção desta solução a resistência à compressão não sofre muita diminuição, mas as resistências à flexão e ao cisalhamento podem ser significativamente reduzidas. Por tanto, é necessário que as especificações de projeto relativas ao não preenchimento das juntas verticais siga algumas regras. Os critérios que se seguem baseiam-se nas recomendações do convênio EPUSP-SICAL⁽¹⁹⁾ e devem ser vistos como uma proposta. Se deve preencher as juntas verticais com 10 a 12 mm de argamassa nos seguintes casos:

- juntas das fiadas de demarcação;
- juntas entre os blocos localizados nas interseções de paredes e os blocos seguintes da mesma fiada, quando não inteiros;
- juntas em paredes responsáveis pela resistência às cargas horizontais;
- juntas em paredes de caixa de elevadores;
- juntas em paredes submetidas a cargas concentradas de grande magnitude, como por exemplo, apoios de escada, vergas de grandes vãos, vigas das estruturas de transição;
- juntas em paredes submetidas a esforços de grande intensidade que tendem a fletí-la, como por exemplo, paredes muito esbeltas, paredes sujeitas a choques, paredes dos pavimentos superiores em edifícios submetidos a intensos esforços de vento, paredes com cargas verticais muito excêntricas, muros de arrimo;
- juntas em paredes com extremidade superior livre (platibandas, paredes de varanda ou de áreas de serviço);
- juntas de paredes que serão muito seccionadas para embutimento de instalações prediais;

- juntas em paredes de borda livre, com comprimento inferior a $h/3$, onde h é a altura da parede;
- juntas de paredes cuja elevação será construída em condições adversas de velocidade de vento, que comprometam a estabilidade das mesmas;
- juntas de paredes sobre vigas projetadas sob efeito de arco.

A especificação de juntas verticais não preenchidas ainda tem uma certa oposição por parte de alguns construtores e fiscais de obras. No caso que se prefira preencher estas juntas, pode-se seguir a recomendação de primeiramente levantar a alvenaria sem as juntas preenchidas e posteriormente preencher estas com o emprego de bisnaga. Desta maneira, as juntas ficariam preenchidas depois que já tenha ocorrido a maior parte das pequenas deformações na parede.

Do ponto de vista do dimensionamento da estrutura, as características de deformabilidade da parede são representadas pelo módulo de deformação desta. A magnitude do módulo de deformação tem uma alta incidência na avaliação do efeito de flambagem e na definição da resistência ante os esforços laterais.

Ante a falta de valores normalizados do módulo de deformação para os materiais nacionais, na Tabela 3 são apresentados os valores que Gomes⁽²³⁾, Aly⁽¹⁾, e Franco⁽²¹⁾ obtiveram nos seus ensaios. A fim de facilitar a estimativa, estes valores são relacionados às características básicas dos componentes e da argamassa.

Tabela 3. Características de deformação das paredes.

Tipo de bloco (dimensões)	Resistência à compressão média (MPa)		Módulo de deformação das paredes (MPa)	Número de corpos de prova (paredes)
	bloco	argamassa		
Cerâmico (390 x 190 x 190) (Gomes ⁽²³⁾)	7,6	5,1	2448	3
	9,6	10,2	2757	3
	15,3	3,6	3593	3
Cerâmico (240 x 115 x 113) (Franco ⁽²¹⁾)	10,6	2,0	2340	2
		4,0	3053	4
		7,2	3001	2
		10,5	3877	2
Concreto (390 x 140 x 190) (Aly ⁽¹⁾)	7,9	5,5	6846	3
	10,6	5,5	7434	3
	13,3	5,5	10259	3

7. Introdução da segurança

Sempre que se trata o projeto de uma estrutura, tem-se que adotar algum procedimento que garanta que o resultado final tenha um determinado nível de segurança. No caso das estruturas de alvenaria, estes procedimentos respondem a dois enfoques diferentes que se definem como:

- método das tensões admissíveis, e
- método dos estados limites.

A adoção de um ou outro enfoque e a maneira com que o mesmo é implementado, depende da normalização que se empregue no cálculo estrutural.

Visando fazer uma caracterização destes dois métodos, na sequência são descritas as considerações do Código ACI⁽²⁾, que se fundamenta no método das tensões admissíveis; e do Código BS⁽¹⁴⁾, que corresponde ao método dos estados limites.

É de interesse também fazer uma comparação entre o Código ACI⁽²⁾ e a norma nacional NBR-10837⁽¹²⁾ por ser esta última o procedimento de cálculo vigente no país para as estruturas de blocos vazados de concreto.

7.1. Considerações do Código ACI

No método das tensões admissíveis a segurança é introduzida através da definição dos valores de resistência máxima da alvenaria. Com base neste princípio, o Código ACI⁽²⁾ especifica que as cargas que atuam sobre a estrutura são cargas de serviço ou trabalho (não incrementadas na sua magnitude), enquanto limita os valores de resistência máxima da alvenaria para os diferentes esforços.

As tensões admissíveis são definidas dentro do intervalo de comportamento elástico do material, o qual permite que se possam estabelecer hipóteses de cálculo que simplificam os métodos de projeto. Estas hipóteses seriam:

- O comportamento dos materiais segue a Lei de Hooke: as deformações são linearmente proporcionais às tensões;
- todos os materiais são homogêneos;
- as seções que inicialmente são planas continuam sendo planas após à flexão.

Com o objetivo de determinar a magnitude destes esforços limites o código tem seus próprios critérios. Inicialmente é necessário estimar a resistência à compressão especificada da alvenaria ($f'_{alv,c,esp}$), tendo-se duas opções.

Na primeira opção estima-se a resistência à compressão especificada com base numa tabela do código, onde os valores são definidos segundo o tipo e resistência dos componentes de alvenaria, e o tipo de argamassa a utilizar. Nesta opção, a resistência dos componentes de alvenaria é calculada segundo os procedimentos de ensaios da ASTM. O tipo de argamassa define-se segundo especificações que o código estabelece tomando como referência algumas propriedades da argamassa.

Na segunda opção, a resistência à compressão especificada da alvenaria é definida como a média da resistência de três prismas com ao menos uma junta de assentamento. A média obtida é afetada por um coeficiente que considera a relação altura/espessura dos corpos de prova. Este coeficiente de correção foi definido a partir de pesquisas feitas com corpos de prova em escala natural, seu objetivo é considerar a influência na resistência da esbeltez do corpo de prova e a interface entre a máquina de ensaios e o prisma.

Deve-se esclarecer, que embora o Código ACI⁽³⁾ especifique que os prismas a ensaiar devem ter ao menos uma junta, a norma da ASTM a que faz referência (E-447⁽⁵⁾), especifica que os prismas devem ter, no mínimo, duas juntas. Esta contradição fica resolvida a partir do ano 1996 com a edição da Norma C-1314⁽⁶⁾, na qual os prismas especificados têm uma junta.

Esta última norma coincide, tanto na sua nomenclatura quanto nos critérios para definir o valor de $f'_{alv,c,esp}$, com as especificações do código de projeto.

Para introduzir a segurança o código define nos seus métodos de cálculo que para elementos submetidos a esforços de compressão, o valor de $f'_{alv,c,esp}$ (definido por qualquer uma das opções anteriores) seja dividido por um fator de segurança de 4. O valor de resistência que se obtêm, seria o correspondente à resistência à compressão limite devida à carga axial.

No caso em que o elemento esteja submetido a esforços de flexão, o código especifica que a resistência à compressão limite devida ao momento fletor, seja obtida da divisão de $f'_{alv,c,esp}$ por um fator de segurança de 3.

Segundo Matthys⁽³¹⁾, este fator de segurança (3 ou 4), considera as incertezas que se têm em relação à resistência dos materiais, qualidade da execução, o valor das cargas atuantes e a precisão com que os esforços reais podem ser estimados.

O fato de que o fator de segurança seja menor para esforços de compressão devidos a momento fletor, deve-se ao fato de que numa seção submetida a flexão as fibras menos comprimidas restringem a capacidade de deformação das mais comprimidas, levando a um aumento da capacidade resistente.

Uma outra resistência limite que o código define, é a correspondente à tração devida a momento fletor ($f_{alv,t,esp}$). Neste caso são tabulados diferentes valores da resistência limite à tração em função do tipo de argamassa empregada, do tipo de componente de alvenaria e em dependência da tração ser aplicada na direção perpendicular ou paralela à junta de assentamento.

7.2. Considerações da NBR-10837

A NBR-10837⁽¹²⁾ trata unicamente o projeto das estruturas de alvenaria de blocos vazados de concreto e compreende tanto a alvenaria não armada como a armada. Nos aspectos relativos à alvenaria não armada, a norma segue os mesmos princípios básicos do Código ACI⁽²⁾ mas não aborda todos os aspectos que são tratados neste código. No caso específico da introdução da segurança, existem algumas diferenças na definição das tensões admissíveis.

Tomando como referência os conceitos já tratados na análise do Código ACI⁽²⁾, pode-se dizer que no caso da NBR-10837⁽¹²⁾:

- o valor da resistência média da alvenaria é definido com base em ensaios de prismas ou paredes, não sendo considerada nenhuma opção associada a ensaios de componentes de alvenaria;
- no caso em que são ensaiados prismas, estes são de uma junta de assentamento, mas o número de corpos de prova é de 12;
- a resistência média obtida dos ensaios dos prismas não é corrigida em função da relação altura/espessura dos corpos de prova;
- o fator de segurança usado para a obtenção do valor da resistência à compressão limite para cargas axiais de compressão, é de 5 no caso que sejam ensaiados prismas, e de 3,5 no caso que seja utilizada a resistência de paredes.

Uma vez definida a magnitude da resistência limite, a norma especifica que este valor não deve ultrapassar os valores máximos que a norma tabula em função do tipo de bloco (maciço ou vazado) e da resistência da argamassa. Ao se analisar os valores desta tabela, percebe-se que tanto para os esforços devidos à carga axial, como para os induzidos pelo momento fletor, os valores máximos especificados sempre são algo menores aos definidos no Código ACI⁽²⁾.

7.3. Considerações do Código BS

Com vista a analisar como é introduzida a segurança sob os critérios do método dos estados limites, serão referidas as considerações do Código BS⁽¹⁴⁾.

Inicialmente, deve-se definir que um “estado limite” está condicionado por aquelas condições críticas em que a estrutura deixa de cumprir as funções para as quais foi projetada. Com base neste conceito, no método são diferenciados dois tipos de estados limites:

- O “estado limite último”, caracterizado pelo colapso da estrutura, o qual pode-se dever a deslocamento, flambagem e, basicamente, à ruptura causada por ser ultrapassada a capacidade resistente ante um determinado esforço.
- O “estado limite de serviço” ou de utilização, o qual está associado às limitações nas possibilidades de uso da estrutura. Este pode ser dado por deformações em excesso, vibrações e/ou fissuras.

Considerando esta diferenciação nos estados limites, o método introduz a segurança através da majoração das cargas e da minoração das resistências. Em geral, a condição a verificar seria a seguinte:

$$\text{esforços resistentes} \geq \text{esforços solicitantes}$$

Se o estado limite para o qual se está projetando é um dos definidos como último, o esforço resistente é definido em função da resistência característica da alvenaria dividida por um fator de segurança maior que 1. Neste caso, o esforço solicitante é definido como o valor da carga característica multiplicada por um fator de segurança maior que 1.

Se o estado limite para o que se está projetando é um dos definidos como de serviço, os valores dos esforços resistentes e solicitantes são os correspondentes às resistências e cargas nos seus valores característicos, não sendo afetados por nenhum fator de segurança.

O Código BS⁽¹⁴⁾ especifica que na obtenção dos valores característicos de resistência da alvenaria ante os esforços de compressão ($f'_{alv,c,k}$), tem-se duas opções.

A primeira opção consiste em fazer ensaios de resistência à compressão de dois painéis de alvenaria com dimensões de aproximadamente 1,5 m de comprimento por 2,5 m de altura. A resistência característica é determinada como resultado da aplicação de coeficientes de correção e de um fator de segurança de 1,2 à resistência média obtida dos ensaios.

Na segunda opção, os valores de resistência característica são tabulados em função do tipo de componente de alvenaria, dos valores de resistência destes componentes que atendam os requisitos das normas BS, e do tipo de argamassa empregada.

Para definir a resistência característica da alvenaria ante os esforços de flexão ($f_{alv,t,k}$), tem-se igualmente duas opções. Uma opção consiste na determinação através de ensaios da

resistência à flexão de oito corpos de prova. A outra opção é dada pela definição da resistência característica com base a uma tabela em que são dados diferentes valores dependendo do tipo de componente de alvenaria, do tipo de argamassa empregada, e do plano de ruptura ser paralelo ou perpendicular à junta de assentamento.

Além dos procedimentos associados ao cálculo das resistências características, o código especifica quais devem ser os fatores de segurança a empregar na majoração das cargas características e na minoração das resistências.

Em relação às cargas, os coeficientes de segurança consideram os desvios desfavoráveis que possam existir na magnitude dos valores estimados, a possibilidade de que várias cargas atuem simultaneamente, e outras modificações adversas devidas a condições de aplicação e/ou distribuição não previstas. Os valores dos coeficientes a empregar vão depender do tipo de carga de que se trate e da combinação de cargas sob consideração.

No caso das resistências, os coeficientes de segurança cobrem a possível redução na resistência característica, estimada segundo as opções já descritas. O Código BS⁽¹⁴⁾ define os valores dos coeficientes em função do tipo de esforço a que corresponde a resistência, e ao nível de controle que se tem na execução da obra e na fabricação dos componentes da alvenaria. Os valores dos coeficientes variam entre 2,5 e 3,5.

Quando analisam-se os procedimentos que o Código BS⁽¹⁴⁾ utiliza para introduzir a segurança, percebe-se que o método dos estados limites permite discriminar e quantificar a influência de cada um dos fatores associados à segurança da estrutura. Esta característica do método leva a um projeto mais racional da estrutura, definindo uma vantagem importante do método dos estados limites se comparado com o método das tensões admissíveis (Código ACI⁽²⁾, NBR-10837⁽¹²⁾). É por isto que nos últimos anos, têm-se iniciado vários programas de pesquisa com o objetivo de desenvolver uma implementação do método dos estados limites dentro dos procedimentos do Código ACI⁽²⁾.

8. Referências bibliográficas

- 1 Aly, V. L. C. **“Determinação da capacidade resistente do elemento parede de alvenaria armada de blocos de concreto, submetido a esforços de compressão”**. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.
- 2 American Concrete Institute and American Society of Civil Engineers. **“Building Code Requirements for Masonry Structures”, ACI 530-95/ASCE 5-95/TMS 402-95**. Masonry Standards Joint Committee, Detroit / New York, 1995 (confirmed 1997).
- 3 American Concrete Institute and American Society of Civil Engineers. **“Specification for Masonry Structures”, ACI 530.1-95/ASCE 6-95/TMS 602-95**. Masonry Standards Joint Committee, New York, 1995 (confirmed 1997).
- 4 American Concrete Institute and American Society of Civil Engineers. **“Commentary on Specifications for Masonry Structures (ACI 530.1-95/ASCE 6-95/TMS 602-95)”**. Masonry Standards Joint Committee, New York, 1995 (confirmed 1997).
- 5 American Society for Testing and Materials. **“Standard Test Methods for Compressive Strength of Masonry Prisms”, E-447**. ASTM, Philadelphia, 1992.
- 6 American Society for Testing and Materials. **“Standard Test Method for Constructing and Testing masonry Prisms Used to Determine Compliance with Specified Compressive Strength of Masonry”, C-1314**. ASTM, Philadelphia, 1996.
- 7 Associação Brasileira da Construção Industrializada. **“Manual técnico de alvenaria”**. ABCI/PROJETO/PW, São Paulo, 1990.
- 8 Associação Brasileira de Normas Técnicas. **“Bloco Cerâmico para Alvenaria”, NBR-7171**. ABNT, Rio de Janeiro, 1983.

- 9 Associação Brasileira de Normas Técnicas. **“Bloco Cerâmico para Alvenaria. Verificação da Resistência à Compressão”**, NBR-6461. ABNT, Rio de Janeiro, 1983.
- 10 Associação Brasileira de Normas Técnicas. **“Bloco Vazado de Concreto Simples para Alvenaria com Função Estrutural”**, NBR-7186. ABNT, Rio de Janeiro, 1982.
- 11 Associação Brasileira de Normas Técnicas. **“Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria Estrutural”**, NBR-6136. ABNT, Rio de Janeiro, 1980.
- 12 Associação Brasileira de Normas Técnicas. **“Cálculo de Alvenaria Estrutural de Blocos Vazados de Concreto”**, NBR-10837. ABNT, Rio de Janeiro, 1989.
- 13 Associação Brasileira de Normas Técnicas. **“Execução e Controle de Obras em Alvenaria Estrutural de Blocos Vazados de Concreto”**, NBR-8798. ABNT, Rio de Janeiro, 1985.
- 14 British Standards Institution. **“Code of Practice for Structural Use of Masonry: BS 5628. Part 1: Structural Use of Unreinforced Masonry”**. BSI, London, 1978 (confirmed 1985).
- 15 Camacho, J. S. **“Alvenaria estrutural não armada: parâmetros básicos a serem considerados no projeto dos elementos resistentes”**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1986.
- 16 Collantes Candia, M. **“Resistência de aderência ao cisalhamento da alvenaria estrutural não armada de blocos cerâmicos”**. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.
- 17 Drysdale, R. G.; Hamid, A. A.; Baker L. R. **“Masonry structures: behavior and design”**. Prentice Hall, New Jersey, 1994.
- 18 EPUSP-ENCOL. **“Recomendações para construção de paredes de vedação em alvenaria”**. EP/EN-1, Documento 1.D, CPqDCC/LPC, Nº 20.013, EPUSP-PCC, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988.
- 19 EPUSP-SICAL. **“Desenvolvimento de um método construtivo de alvenaria de vedação de blocos de concreto celular autoclavados”**. Convênio EPUSP/CPqDCC-SICAL. Relatório Final, Nº 20081, EPUSP-PCC, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.
- 20 Franco, L. S. **“Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada”**. Tese (Doutorado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.
- 21 Franco, L. S. **“Desempenho estrutural do elemento parede de alvenaria empregado na alvenaria estrutural não armada quando submetido a esforços de compressão”**. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.
- 22 Gabby, B. A.; Borchelt, J. G. **“How to place grout”**. Masonry Construction, June, 1991.
- 23 Gomes, N. S. **“A resistência das paredes de alvenaria”**. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982.
- 24 Grimm, C. T. **“The most important property of masonry”**. Masonry Construction, Sept., 1988.
- 25 Hanson, G. C. **“Grout 24-foot-high, walls in one lift”**. Masonry Construction, April, 1989.
- 26 Hendry, A. W. **“Structural masonry”**. Macmillan Education Ltd., London, 1990.
- 27 Hooker, K. A. **“Admixtures for masonry grout”**. Masonry Construction, June, 1992.
- 28 Isberner, A. **“Why use masonry cements?”**. Masonry Construction, July, 1988.
- 29 Keating, E. **“How to select a grout pump”**. Masonry Construction, Jan., 1997.
- 30 Koski, J. A. **“How to choose a grout vibrator”**. Masonry Construction, April, 1992.
- 31 Matthys, J. H. **“Masonry designers’ guide”**. The Masonry Society and American Concrete Institute, Colorado, 1993.
- 32 Medeiros, J. S. **“Alvenaria estrutural não armada de concreto: produção de componentes e parâmetros de projeto”**. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.
- 33 Melander, J.; Munro, C. **“Should air-entrained mortar be used?”**. Masonry Construction, Sept., 1994.
- 34 Muller, M. S. K. **“Estudo das correlações entre resistências à compressão de paredes e prismas de alvenaria estrutural cerâmica não armada submetidos a esforços de compressão axial”**. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.
- 35 Oliveira, L. A. P. **“Estudo do desempenho dos grautes com adições para enchimento de blocos de alvenaria estrutural”**. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986.
- 36 Palacios, M. G. **“Características e desempenho de juntas de argamassa na alvenaria estrutural de blocos de concreto”**. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

- 37 POLI-ENCOL. **“Desenvolvimento de um novo processo construtivo em alvenaria estrutural não armada de blocos de concreto. Manual do Processo Construtivo POLI-ENCOL: execução”**. Relatório Técnico R5-27/91, EPUSP-PCC, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.
- 38 Rodriguez, G.; Colacce, C.; Ramella, H.; Navarro, A.; Medina, F. **“Comparación de resultados de distintos ensayos para determinar la resistencia de la mamposteria al corte”**. XXVIII Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural (Anais), São Carlos, 1997.
- 39 Sabbatini, F. H. **“Argamassas de assentamento para paredes de alvenaria resistente”**. Boletim Técnico, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986.
- 40 Sabbatini, F. H. **“O processo construtivo de edifícios de alvenaria estrutural silico-calcária”**. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.
- 41 Suprenant, B. A. **“Grout pumps”**. Masonry Construction, Nov., 1990.
- 42 Suprenant, B. A. **“High-lift grouting for high-volume jobs”**. Masonry Construction, May, 1988.
- 43 Walker, D. **“Why use lime-cement mortar?”**. Masonry Construction, July, 1988.