

# Contribuição ao estudo das normas para o dimensionamento de paredes de alvenaria estrutural de blocos de concreto

*Contribution to studies of standards in scaling walls made of structural masonry in concrete building blocks*

Fábio Ioveni Lavandoscki<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Seção de Engenharia de Estruturas, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A., São Paulo-SP, Brasil.

\*E-mail: fabioil@ipt.br

Palavras-chave:  
alvenaria estrutural, edifícios de múltiplos pavimentos, NBR 10837, NBR 15961.

Keywords:  
structural masonry, multiple floors buildings, NBR 10837, NBR 15961.

## Resumo

A norma que prescreve o dimensionamento de alvenaria estrutural com blocos de concreto, NBR 10837 de 1989 passou por revisão, sendo que a principal alteração foi a introdução do método dos estados limites últimos. Neste artigo, apresenta um estudo comparativo entre a norma NBR 10837 de 1989 e sua revisão NBR 15961 de 2011, por meio de exemplo prático de dimensionamento, em que se mostra que para carregamentos verticais (compressão simples) não foram observadas mudanças significativas da resistência final do bloco. No que tange aos carregamentos horizontais, o dimensionamento ficou menos conservador nas considerações das tensões de compressão na flexão e cisalhamento, e mais conservador nas considerações das tensões de tração na flexão.

## Abstract

*The standard which prescribes the structural masonry design with concrete blocks, NBR 10837 issued at 1989, underwent revision, with the main change being the introduction of the method of ultimate limit states. This paper presents a comparative study between the NBR 10837 issued at 1989 and its revision, NBR 15961 issued at 2011, through practical example of design masonry where it is shown that significant changes in the block final strength was not observed for vertical loads (simple compression). Regarding horizontal loads, the design masonry was less conservative for compressive strains in flexion and shear and more conservative for traction strains in flexion.*

## 1 Introdução

A alvenaria estrutural é atualmente um dos sistemas construtivos mais empregados como alternativa à técnica convencional do concreto armado. Nas edificações de alvenaria estrutural, as paredes desempenham simultaneamente a função de compartimentação dos ambientes e a função estrutural, transmitindo os carregamentos recebidos das lajes e coberturas até às fundações, dessa forma, eliminando a estrutura convencional de vigas e pilares.

No Brasil, o sistema construtivo de alvenaria estrutural vem sendo utilizado desde a colonização portuguesa, no começo do século XVI. Contudo, a moderna alvenaria estrutural teve, no início na década de 1960, destaque com alguns edifícios marcantes dessa época construídos na cidade de São Paulo, como o Central Parque da Lapa (**Figura 1**), localizado no bairro da Lapa, constituído por um conjunto de edifícios em alvenaria armada de blocos de concreto (FREIRE; PARSEKIAN, 2005).



**Figura 1 – Central Parque da Lapa. Conjunto de edifícios em alvenaria estrutural.**

**Fonte: Google Maps (2015).**

A primeira norma nacional de alvenaria foi a NBR 10837 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989) - "Cálculo de alvenaria estrutural com blocos vazados de concreto" (norma em desuso), que abordava o cálculo da alvenaria estrutural armada e não armada de blocos de concreto, baseando-se no método das tensões admissíveis. Em 2010, esta norma passou por uma revisão na qual a principal alteração foi a introdução do método dos estados limites, possibilitando a definição de critérios mais realistas para a resistência das estruturas, dos materiais e para as condições de serviço.

Essa revisão deu origem a duas normas (atualmente encontram-se em vigor), a saber: a NBR 15812 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010) - "Alvenaria estrutural - Blocos Cerâmicos, Parte 1: Projeto e Parte 2: Execução e Controle de obras e a NBR 15961 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011) - "Alvenaria estrutural - Blocos de concreto, Parte 1: Projeto e Parte 2: Execução e Controle de Obras". A principal diferença entre essas normas está relacionada à característica do bloco, que pode ser cerâmico ou de concreto (**Figura 2**).

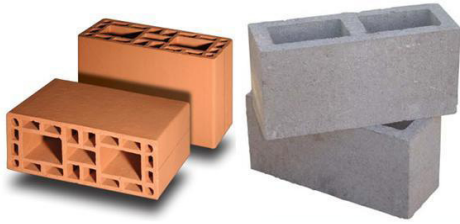


Figura 2 – Bloco estrutural cerâmico (A), Bloco estrutural de concreto (B). Fonte: Désir (2013).

De acordo com Ataíde (2005), essa revisão tornou-se necessária em função das disparidades entre as normas que tratam da alvenaria estrutural no Brasil e do avanço que essa nova abordagem da segurança representará para o desenvolvimento da fase de projeto e, conseqüentemente, do sistema construtivo como um todo. Tal mudança demandará um estudo profundo dos conceitos envolvidos e da verificação cuidadosa de suas implicações.

Conforme o contexto apresentado, fica evidente que as revisões da norma podem modificar os resultados dos projetos. Portanto, o problema levantado incide na dúvida se tais revisões tornaram os projetos arrojados ou conservadores.

Sendo assim, este artigo tem como objetivo verificar as alterações ocorridas na revisão da norma quanto ao dimensionamento de paredes estruturais de blocos de concreto e suas conseqüências nos projetos de edificações em alvenaria estrutural.

## 2 Procedimento metodológico

Nos edifícios, o esforço predominante na alvenaria é a compressão simples devido às cargas verticais. Ramalho e Corrêa (2003) afirmam que para edifícios de até seis pavimentos, geralmente esse é o único dimensionamento utilizado.

Além do carregamento vertical, é comum as paredes estruturais estarem sujeitas a ações laterais. Nos edifícios, sempre haverá um carregamento vertical e um horizontal, geralmente devido ao vento, gerando esforços de tração na flexão, compressão na flexão e cisalhamento nas paredes estruturais.

Existem também diversos casos em que atuam esforços horizontais que podem ter maior magnitude que os esforços verticais, como por exemplo, os muros de arrimo, reservatórios, galpões industriais com pé-direito grande, entre outros.

Para simular os carregamentos atuantes em um edifício de múltiplos pavimentos, foi concebida uma parede com os carregamentos atuantes (**Figura 3**), onde "g" representa o carregamento permanente, "q" o carregamento acidental e "w" o carregamento devido ao vento.

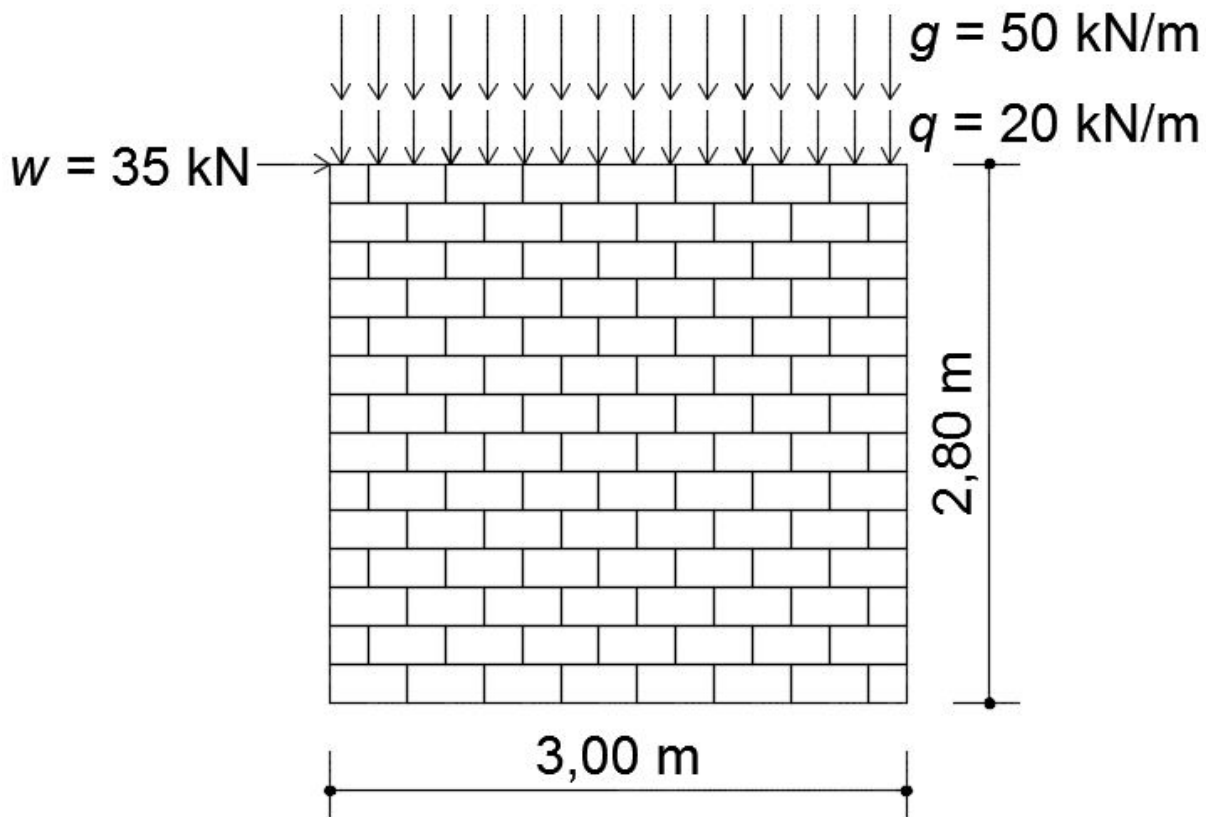


Figura 3 – Croqui da parede concebida com carregamentos.

## 3 Resultados e discussão

A parede concebida foi dimensionada quanto à compressão simples, cisalhamento e flexo-compressão conforme recomendações da NBR 10837: 1989 e sua revisão NBR 15961: 2011. Os cálculos do dimensionamento estão apresentados no item Material Suplementar.

### 3.1 Compressão simples

Verifica-se no dimensionamento a compressão simples que a NBR 10837: 1989 adota um coeficiente interno igual a  $0,2 f_p$ , sendo  $f_p$  é a resistência média do prisma. A NBR 15961: 2011 adota dois coeficientes, um para a majoração das cargas  $\gamma_f$  e outro para a minoração da resistência dos materiais  $\gamma_m$ . Os valores desses coeficientes podem ser encontrados, respectivamente, na Tabela 2 e na Tabela 7 da NBR 15961: 2011. Nesse dimensionamento, os coeficientes valem  $\gamma_m = 2$  e  $\gamma_f = 1,4$  e, considerando a resistência característica do prisma  $f_{pk}$  igual a 70% da resistência característica da parede  $f_k$ , resulta em um coeficiente equivalente a  $0,25 f_{pk}$

Portanto, o resultado do dimensionamento pela NBR 15961: 2011 indicou a resistência característica do prisma igual a 2,29 MPa, inferior em 20 % ao obtido com o dimensionamento pela NBR 10837: 1989 que indicou a resistência média do prisma igual a 2,86 MPa. Na prática, a resistência final do bloco a ser utilizada será a mesma em ambos os casos, já que a resistência mínima é de 4 MPa.

### 3.2 Cisalhamento

A tensão de cisalhamento solicitante encontrada, segundo a NBR 10837: 1989, foi de  $\tau_{alv} = 0,08$  MPa e atendeu ao critério especificado na Tabela 2 da referida norma para a tensão de cisalhamento admissível de  $\tau_{alv} = 0,15$  MPa, considerando a resistência de argamassa de 2,80 MPa, sendo esta igual a 70 % da resistência do bloco de 4 MPa.

O critério da NBR 15961: 2011 também foi atendido no cálculo do cisalhamento, com a tensão de cisalhamento solicitante  $\tau_{vd} = 0,12$  MPa inferior à tensão resistente de cisalhamento  $f_{vd} = 0,14$  MPa. Destaca-se que a NBR 10837: 1989 apresenta um valor tabelado da tensão de cisalhamento admissível  $\tau_{alv}$  que pode ser de 0,15 MPa para argamassas com resistência média a compressão entre 5,0 MPa e 12,0 MPa ou 0,25 MPa para argamassas com resistências entre 12,0 MPa e 17,0 MPa. Já a norma atual (NBR 15961: 2011) ficou mais racional e incluiu uma nova formulação que leva em consideração o aumento da resistência ao cisalhamento  $f_{vk}$  com o aumento do carregamento vertical, fato que não era considerado na NBR 10837: 1989.

De qualquer modo, para o exemplo em análise, os dois critérios foram atendidos em ambas as normas.

### 3.3 Flexo-compressão e flexo-tração

Para tornar o cálculo mais didático, a verificação na flexo-compressão e flexo-tração, foi dividida em duas etapas sendo compressão na flexão e a tração na flexão.

A revisão da norma mostrou uma evolução no cálculo da compressão na flexão, pois possibilita considerar duas situações para as cargas de vento, sendo estas predominantes ou não sobre as demais.

Na verificação da compressão na flexão, os cálculos efetuados com base na NBR 10837: 1989 extrapolaram a tensão admissível em 18 % requerendo o aumento da resistência do bloco ou de grauteamento parcial da parede. A NBR 15961: 2011 impõe duas condições, sendo que na primeira, na qual o vento não é o carregamento predominante, a verificação atendeu a condição com 96 % do limite, e na segunda, na qual o vento é o carregamento predominante, atendeu a condição com 100 % do limite.

No caso da verificação da tração na flexão apontou que o dimensionamento pela NBR 10837: 1989

atendeu o critério da norma atingindo 91 % do total da tensão admissível e a verificação pela NBR 15961: 2011 não atendeu a condição, extrapolando em 47 % o limite, sendo necessário introduzir armaduras para combater os esforços de tração.

A Tabela 1 mostra um resumo das porcentagens atingidas na verificação das tensões de compressão e tração na flexão para as NBR 10837: 1989 e NBR 15961: 2011.

**Tabela 1 – Porcentagens atingidas na verificação da flexo-compressão e flexo-torção.**

<b>Verificação</b>	<b>NBR 10837: 1989</b>	<b>NBR 15961: 2011</b>
Compressão na flexão	118 %	96 % (1ª condição)
		100 % (2ª condição)
Tração na flexão	91 %	147 %

## 4 Conclusão

O campo de estudos, que envolve a introdução do método dos estados limites no cálculo de alvenaria estrutural, é bastante amplo, contudo, procurou-se mostrar algumas implicações que envolvem a substituição do método das tensões admissíveis pelo método dos estados limites em aspectos de aplicação direta em projetos estruturais de edificações em alvenaria.

A alvenaria estrutural apresenta a característica de baixa resistência à tração e quando submetida a esses esforços necessita de armaduras para combatê-los. Os resultados apresentados no dimensionamento evidenciam o melhor tratamento das ações dado pela norma atual, ficando mais coerente com as características da alvenaria, ao passo que apresentam maior resistência à compressão e cisalhamento, e menor resistência à tração. Consequentemente, a menor resistência à tração leva a soluções com maior quantidade de armaduras nas paredes estruturais.

Conclui-se que o cálculo para o dimensionamento e verificação das estruturas de alvenaria da norma atual (NBR 15961:2011) ficou mais próximo da realidade e arrojado, ao aumentar a capacidade resistente da alvenaria nos critérios de dimensionamento à compressão simples, compressão na flexão e cisalhamento. E conservador ao diminuir a resistência da alvenaria no critério de verificação da tração na flexão.

## 5 Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10837**: Cálculo de alvenaria estrutural com blocos vazados de concreto. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15961**: Alvenaria estrutural - blocos de concreto. Rio de Janeiro, 2011.

ATAIDE, C. A. V. **Estudo comparativo entre o método das tensões admissíveis e dos estados limites para alvenaria estrutural**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

DÉSIR, J. M. **Materiais de alvenaria – unidades**. Porto Alegre: UFGRS, 2013. 43 p.

FREIRE, A. S.; PARSEKIAN, G. A. **Caracterização do edifício de alvenaria estrutural não armada de bloco de concreto**. [S.l.: s.n.], 2005.

GOOGLE MAP. **Captura de imagens**. Disponível em: <<https://maps.google.com.br/>>. Acesso em: 09 maio 2015.

PARSEKIAN, G. A. **Cálculo de alvenaria estrutural em blocos cerâmicos**. Campinas: [s.n.], 2010. (Apostila do curso).

RAMALHO, M. A.; CORREA, M. R. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003.

## 6 Material suplementar

As Tabelas 1S e 2S apresentam respectivamente o dimensionamento da parede (Figura 3) conforme a NBR 10837: 1989 e NBR 15961: 2011.

Tabela 1S: Dimensionamento da parede conforme especificações da NBR 10837: 1989.

<p>Compressão Simples (NBR 10837)</p>		<p>- Tensão de compressão solicitante  <math display="block">f_{alv,c} = \frac{P \times L}{A} = 0,50 \text{ MPa}</math> Eq. (01)</p> <p>- Tensão de compressão admissível  <math display="block">\square \tau_{atm} = 0,2 \times f_p \times R = 0,175 f_p \rightarrow (\text{Resistência do prisma}) \text{ Eq. (02)}</math></p> <p>- Da eq. (01) e eq. (02);  <math display="block">0,175 f_p = 0,50 \rightarrow f_p = 2,86 \text{ MPa}</math></p> <p>- Resistência do bloco  <math display="block">f_b = \frac{f_p}{n} = \frac{2,86}{0,7} \rightarrow f_b = 4,0 \text{ MPa} \rightarrow (\text{Resistência do bloco})</math></p> <p>Adota-se bloco de 4 MPa.</p>
<p>Cisalhamento (NBR 10837)</p>		<p>- Tensão de cisalhamento solicitante  <math display="block">\tau_{alv} = \frac{w}{t \times d} = 0,08 \text{ MPa}</math> Eq. (03)</p> <p>- Tensão de cisalhamento admissível  <math display="block">\square \tau_{alv} = 0,15 \text{ MPa}</math> (Tabela 2 da NBR 10837: 1989)</p> <p>- Da eq. (03) e eq. (04);  <math display="block">0,08 \text{ MPa} &lt; 0,15 \text{ MPa} \rightarrow \text{Atende ao critério da norma.}</math> Eq. (04)</p>
<p>Flexo-Compressão (NBR 10837)</p>	<p>Tração na flexão</p>	<p>- Tensão de tração solicitante na flexão  <math display="block">f_{alv,f} = 0,75 f_{alv,c} = 0,091 \text{ MPa}</math></p> <p>- Tensão de tração admissível na flexão  <math display="block">\square \square f_{alv,t} \leq 0,10 \text{ MPa}</math> (Tabela 2 da NBR 10837: 1989) Eq. (05)</p> <p>- Da eq. (05) e eq. (06);  <math display="block">0,09 \text{ MPa} \leq 0,10 \text{ MPa} \rightarrow \text{Atende ao critério da norma.}</math> Eq. (06)</p>
	<p>Compressão na flexão</p>	<p>- Tensão de compressão solicitante na flexão  <math display="block">f_{alv,c} = 0,2 \times R \times f_{pk} = 0,50 \text{ MPa}</math></p> <p>- Tensão de compressão admissível, devido à flexão  <math display="block">\square f_{alv,f} = 0,3 \times f_p = 0,86 \text{ MPa}</math></p> <p>- Condição  <math display="block">\frac{f_{alv,c}}{f_{alv,f}} + \frac{f_{alv,f}}{f_{alv,f}} \leq 1,33 \rightarrow 1,53 &gt; 1,33</math></p> <p>Não atende a condição da norma.</p> <p>Eq. (07) Eq. (08)</p>

Tabela 2: Dimensionamento da parede conforme especificações da NBR 15961: 2011.

<p>Compressão Simples (NBR 15961)</p>		<p>- Tensão de compressão solicitante  <math>S_d = \gamma_f \times P \times L = 0,29 \text{ MPa}</math> Eq. (01)</p> <p>- Tensão de compressão admissível  <math>N_{rd} = \frac{0,7 \times f_{pk}}{\gamma_m} \times A \times R = 0,13 f_{pk}</math> Eq. (02)</p> <p>- Da eq. (01) e eq. (02);  <math>f_{pk} = 2,29 \text{ MPa} \rightarrow</math> (Resistência do prisma)</p> <p>- Resistência do bloco  <math>f_{bk} = \frac{f_{pk}}{0,7} \times 0,7 = 3,27 \text{ MPa} \rightarrow</math> (Resistência do bloco)</p> <p>Adota-se bloco de 4 MPa.</p>
<p>Cisalhamento (NBR 15961)</p>		<p>- Resistência ao cisalhamento da argamassa  <math>f_{vk} = 0,10 + 0,6\sigma = 0,32 \rightarrow</math> (Tabela 4 da NBR 15961: 2011)</p> <p>- Condição Eq. (03)  <math>f_{vk} \leq 1,0 \rightarrow</math> Atende a condição da norma</p> <p>- Tensão resistente de cisalhamento  <math>f_{vd} = \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0,14 \text{ MPa}</math> Eq. (04)</p> <p>- Tensão solicitante de cisalhamento  <math>\tau_{vd} = \frac{w_k \times \gamma_f}{b \times d} = 0,12 \text{ MPa}</math> Eq. (05)</p> <p>- Da eq. (03) e eq. (04);  <math>f_{vd} &gt; \tau_{vd} \rightarrow 0,14 &gt; 0,12w</math> Eq. (06)</p> <p>Atende ao critério da norma.</p> <p>- Tensão de tração solicitante na flexão</p>
<p>Flexo-Compressão (NBR 15961)</p>	<p>Tração na flexão</p>	<p><math>\gamma_{fq} \sigma_w + \gamma_{fg} \sigma_g = 0,34 \text{ MPa}</math> Eq. (07)</p> <p>- Tensão de tração admissível na flexão  <math>\frac{f_{tk}}{\gamma_m} = 0,05 \text{ MPa}</math></p> <p>- Da eq. (05) e eq. (06); Eq. (08)  <math>\gamma_{fq} \sigma_w + \gamma_{fg} \sigma_g \leq \frac{f_{tk}}{\gamma_m} \rightarrow 0,34 \text{ MPa} &gt; 0,05 \text{ MPa}</math></p> <p>Não atende ao critério.</p> <p>- Tensão de compressão solicitante na flexão</p>
<p>Flexo-Compressão</p>	<p>Compressão na flexão</p>	<p>1ª Condição  <math>\frac{1,4q + 1,4g}{R} + \frac{0,84w}{1,5} \leq \frac{0,7f_{pk}}{\gamma_m} \rightarrow</math> Eq. (07)  <math>\rightarrow 1,06 \text{ MPa} \leq 1,10 \text{ MPa}</math>          Atende a 1ª condição.</p> <p>2ª Condição Eq. (08)  <math>\frac{0,7q + 1,4g}{R} + \frac{1,4w}{1,5} \leq \frac{0,7f_{pk}}{\gamma_m} \rightarrow</math>  <math>\rightarrow 1,10 \text{ MPa} \leq 1,10 \text{ MPa}</math>          Atende a 2ª condição.</p>