

# Comparação entre os critérios da **NBR 15812-1:2010** e **NBR 15961-1:2011** com os da norma **NBR 16868-1:2020**

LORENZO S. RIZZATTI – ENG., ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9287-6485> – enzorizzatti10@gmail.com, UFSM;  
GIHAD MOHAMAD – PROF. DR., ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6380-364X>, UFSM;  
EDUARDO RIZZATTI – PROF. DR., ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3956-6744>, UFSM

## RESUMO

**ESTE** trabalho tem como objetivo principal analisar comparativamente os critérios normativos das ABNT NBR 15812 – 1 (2010) Alvenaria estrutural — Blocos cerâmicos Parte 1: Projetos e ABNT NBR 15961 – 1 (2011) Alvenaria estrutural — Blocos de concreto Parte 1: Projetos, com as propostas da primeira parte da norma ABNT NBR 16868:2020 – Parte 1: Projeto, no intuito de contribuir e subsidiar discussões junto ao meio técnico. Foram analisados os requisitos, proprie-

dades da alvenaria e de seus componentes, segurança e estados limites, ações, valores de cálculo, análise estrutural, deslocamentos, fissuras e dimensionamento.

Concluiu-se que a ABNT NBR 16868:2020 substituiu as normas antigas em um momento oportuno, devido ao longo período sem atualizações das normas e seus critérios. Foram introduzidas mudanças efetivas e positivas para o dimensionamento da alvenaria estrutural.

**PALAVRAS-CHAVE:** ALVENARIA ESTRUTURAL, NORMAS, CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO.

## 1. INTRODUÇÃO

**A**té o ano de 2020, as normas brasileiras de alvenaria estrutural eram separadas dependendo do tipo do bloco, sendo as de blocos cerâmicos abordados pela NBR 15812:2010 e as blocos de concreto pela NBR 15961:2011. Comparando com as normas técnicas de referência mundial, como a dos Estados Unidos, Canadá e Europa, nota-se que a distinção devido ao material do bloco não existe, ou seja, há nesses países uma única norma para blocos cerâmicos e de concreto.

Diante de um hiato de praticamente uma década sem atualizações e com muitas pesquisas realizadas no campo da alvenaria estrutural, a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) publica, em 2020, as três primeiras partes da norma NBR 16868-1:2020. Visando unir blocos de materiais diferentes em uma mesma norma técnica, a nova norma brasileira atualiza, nesta primeira parte, os critérios sobre projeto de alvenaria estrutural com a primeira da nova norma.

Diante do exposto, como em ambas as normas antigas a parte 1 aborda o dimensionamento da alvenaria estrutural, o presente trabalho apresenta uma análise comparativa entre as NBR 15812-1:2010 e NBR 15961-1:2011 a NBR 16868-1:2020, discorrendo somente sobre a primeira parte de cada texto da norma técnica.

## 2. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS NORMATIVAS

A análise comparativa realizada entre a nova norma NBR 16868-1:2020 e as duas que a mesma substituiu foi realizada item por item, e na sequência deste trabalho, são abordados os itens que foram avaliados de mais relevância.

### 2.1 Referências normativas, requisitos e propriedades da alvenaria

#### 2.1.1 AVALIAÇÃO DE CONFORMIDADE DO PROJETO

Adicionada ao item de “Requisitos” da NBR 16868:2020, a avaliação

de conformidade do projeto deve contemplar uma análise crítica, avaliando se o mesmo atende às normas técnicas vigentes, além de analisar os cálculos desenvolvidos e os detalhes do projeto.

Uma nova área de atuação possível para engenheiros é inaugurada com essa avaliação, pois a mesma deve ser realizada por um profissional apto e independente do projeto original, além de ser registrada legalmente e acompanhar os demais documentos legais do projeto. Ademais, a avaliação de conformidade deve contemplar desde os parâmetros e resultados dos dimensionamentos até os desenhos e detalhes construtivos. Deste modo, elevando os padrões de segurança dos projetos de alvenaria estrutural.

#### 2.1.2 COMPRESSÃO SIMPLES

Quanto às argamassas, a NBR 16868:2020 segue por inteiro as recomendações da NBR 15961:2011, onde a resistência à compressão simples é limitada a 1,5 vezes à resistência

característica dos blocos, sem limitações mínimas. Esta falta de limitação já foi abordada por estudos como de De Lima (2010), Lübeck (2016) e Schlosser (2019), que comprovam que a falta de limitantes para o valor de resistência à compressão simples das argamassas nas normas brasileiras é um ponto que pode ser aprimorado. Assim como concluído por Lübeck (2016), compartilha-se a ideia de que a proposição de limites mínimos para a resistência da argamassa é uma alternativa viável que auxiliaria também no controle do modo de ruptura, porém é necessário maiores estudos e aferimentos desses limites.

## 2.2 Análise estrutural

### 2.2.1 ALTURA EFETIVA

Segundo as NBR 15812:2010 e NBR 15961:2011, a altura efetiva de uma parede de alvenaria estrutural deve ser considerada como a própria altura da parede, quando houver travamentos restringindo os deslocamentos horizontais nas extremidades inferior e superior, ou o dobro da altura da parede, quando uma das extremidades for livre e a outra extremidade esteja restringida ao deslocamento horizontal e à rotação.

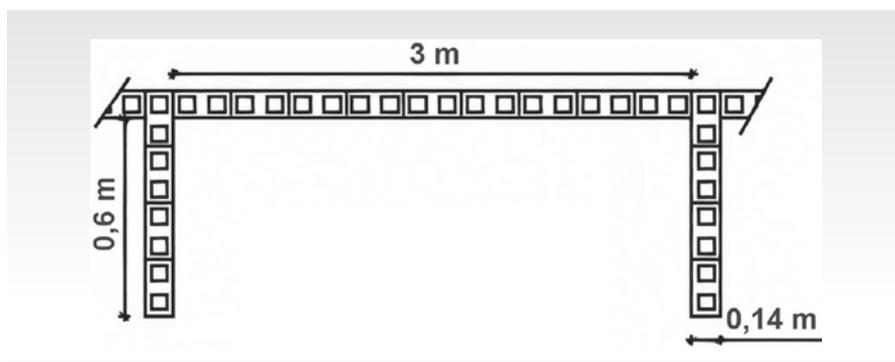
A NBR 16868:2020 complementa essas diretrizes separando a altura efetiva em dois tópicos, quando não há travamento lateral transversal à parede, e quando há. Na situação de não haver este travamento lateral transversal, as especificações são idênticas às normas antigas. Caso houver o travamento lateral transversal à parede, a altura efetiva deve ser considerada o menor valor entre:

$$[1] \alpha_v \cdot h$$

$$[2] 0,7\sqrt{\alpha_v \cdot h \cdot \alpha_h \cdot l}$$

Onde:

$\alpha_v$  = o índice de esbeltez vertical, que deve ser considerado igual a 1,0 se houver travamentos que restrinjam os deslocamentos horizontais das extremidades superior e inferior, ou igual a 2,5 se houver travamentos



► **Figura 1**

Valores para o cálculo da altura efetiva

Fonte: Autor

que restrinjam os deslocamentos horizontais em uma das extremidades;  $\alpha_h$  = índice de esbeltez horizontal, seu valor deve ser igual a 1,0 se houver travamentos que restrinjam os deslocamentos horizontais das extremidades esquerda e direita, ou igual a 2,5 se houver travamentos que restrinjam os deslocamentos horizontais em uma das extremidades esquerda ou direita;

$h$  = altura da parede;

$l$  = comprimento do trecho da parede.

Por exemplo, analisando-se um painel com altura de 2,80 m e comprimento de 3 m, e onde há travamentos que restrinjam os deslocamentos horizontais em suas extremidades e que haja travamentos laterais transversais, conforme a Figura 1.

A altura efetiva, segundo as normas que foram substituídas, seria considerada igual a altura do painel (2,80 m), pois a NBR 15812:2010 e a NBR 15961:2011 somente levam em consideração os travamentos das extremidades superior e inferior, ou seja, dos deslocamentos horizontais.

Para o mesmo exemplo anterior, e considerando que estes travamentos tenham um comprimento de 60 cm, ou seja, valor superior a 56 cm (1/5 da altura do painel), a altura efetiva seria o menor valor entre os dois resultados das equações 1 e 2, resolvidas abaixo:

$$h_e = \alpha_v \cdot h = 1 \cdot 280 = 280 \text{ cm}$$

$$0,7\sqrt{\alpha_v \cdot h \cdot \alpha_h \cdot l} = 0,7\sqrt{1 \cdot 280 \cdot 1 \cdot 300} = 202,88 \text{ cm}$$

Assim, a altura efetiva do painel, por conta dos travamentos laterais transversais e travamentos que restrinjam os deslocamentos horizontais nas extremidades superior e inferior, seria de 202,88 cm, uma redução de 27% no valor deste exemplo, em relação às NBR 15812:2010 e NBR 15961:2011.

Esta nova especificação para a altura efetiva da parede determinada pela NBR 16868:2020 é bem-vinda, uma vez que considera a contribuição das paredes laterais transversais para a rigidez do painel em questão, resultando em uma altura efetiva menor, assim resultando em uma esbeltez menor do elemento.

### 2.2.2 DESLOCAMENTOS LIMITES

Para elementos estruturais que servem de apoio para a alvenarias, as NBR 15812:2010 e NBR 15961:2011 especificam como limite máximo os valores de  $L/500$ , 10 mm ou  $\theta = 0,0017$  rad. A nova norma MANTÊM esses valores e separa a especificação entre peças em balanço e demais casos. Para as situações em balanço é especificado valores máximos de  $L/250$  e 10 mm. Para os demais casos, os limites são  $L/500$  ou 10 mm.

Para elementos fletidos, os limites de deslocamentos finais nas normas antigas têm os valores de  $L/150$  ou 20 mm para as peças em balanço, e de  $L/300$  ou 10 mm para os demais casos. A NBR 16868:2020 altera o limite dos elementos que estão em

balanço, que passa para L/150 ou 10 mm. Salieta-se apenas nas versões anteriores que as peças estruturais que apoiam alvenarias não devem apresentar deslocamentos maiores que L/500, 10mm ou 0,0017 raios de rotação. Não deixando claro que esses limites são para elementos estruturais que apoiam as alvenarias de vedação.

Na alvenaria estrutural, as paredes da fachada transmitem seus esforços atuantes do vento para as paredes laterais por meio das lajes funcionando como diafragma rígido. Os deslocamentos horizontais são fundamentais para o dimensionamento estrutural relacionado com a comodidade do usuário, durabilidade e consequentes patologias nas paredes estruturais. A NBR 16868:2020 introduz o item sobre "Movimento lateral em edifícios", que aborda o projeto de edifícios altos e estabelece os limites para verificação lateral provocada pela ação do vento em combinação frequente ( $\psi_1 = 0,30$ ). Os limites são de H/1700 e  $H_i/850$ , onde H é a altura total do edifício e  $H_i$  é o des-

nível entre dois pavimentos sucessivos. Esses parâmetros são baseados na NBR 6118:2014 para os efeitos em elementos não estruturais no projeto de estruturas de concreto, uma novidade eficiente da nova norma.

## 2.3 Dimensionamento

### 2.3.1 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES

A NBR 16868:2020-1 introduz a possibilidade de dimensionar alvenaria estrutural à compressão simples com a utilização de armadura. Neste tocante, a nova norma apresenta um método de dimensionamento para elementos que tenha o índice de esbelteza menor ou igual a 30, e um para elementos que tenham o índice de esbelteza maior que 30, o segundo no Anexo C da norma.

No item que é denominado de "Resistência à compressão simples de paredes e pilares armados com índice de esbelteza menor ou igual a 30", a NBR 16868:2020 determina a fórmula 3 para se determinar a resistência dos pilares

$$[3] N_{rd} = \left( f_d \cdot A + f_s \cdot \frac{A_s}{\gamma_s} \right) \cdot R$$

Onde:

$N_{rd}$  = Força normal resistente de cálculo;

$f_d$  = resistência à compressão de cálculo da alvenaria;

$f_s$  = tensão na armadura (MPa);

$A_s$  = área da seção das armaduras longitudinais contraventadas por estribos;

A = área da seção resistente;

R = coeficiente redutor devido à esbelteza do pilar.

Segundo Medeiros e Parsekian (2019), as normas atuais não permitem a consideração da armadura no dimensionamento da alvenaria à compressão simples, pois as paredes, em sua maioria, não são fortemente armadas, e a armadura longitudinal não é confinada por estribos na maioria dos casos. Ainda segundo Medeiros e Parsekian (2019), o comitê que desenvolveu a nova norma considerou que a utilização da armadura na compressão é uma ferramenta útil para o dimensionamento.

### 2.3.2 RESISTÊNCIA À FLEXÃO SIMPLES

A NBR 16868:2020 apresenta mudanças consideráveis no item sobre seções retangulares com armadura simples. As NBR 15812:2010 e NBR 15961:2011 limitavam a tensão na armadura a 50% da tensão de escoamento quando se considera a resistência à flexão, onde o momento fletor resistente de cálculo é determinado pela Equação 4.

$$[4] M_{Rd} = A_s \cdot f_s \cdot z$$

Onde:

$A_s$  = área da armadura tracionada;

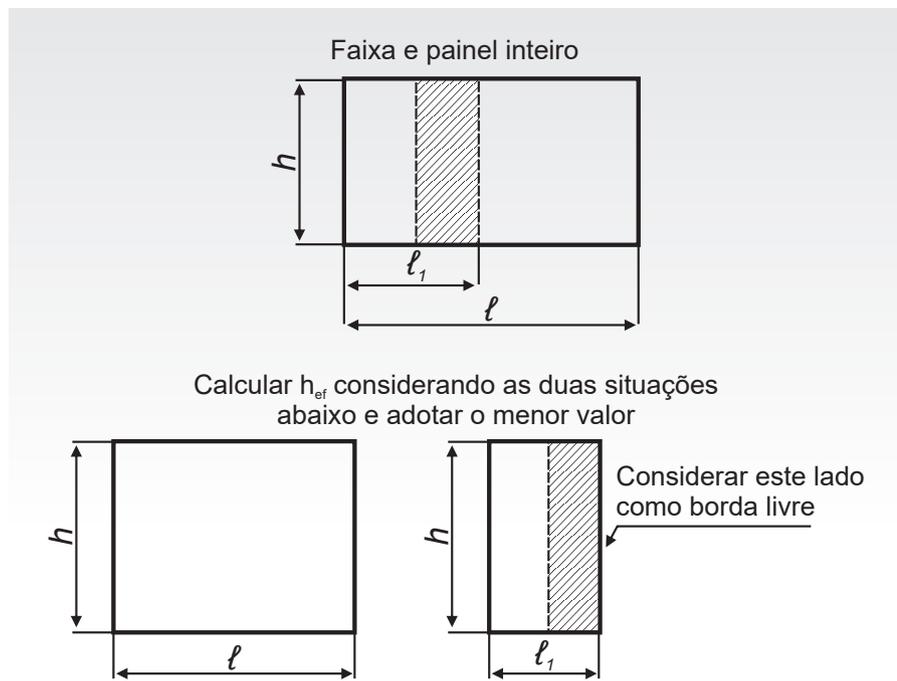
$f_s$  = tensão na armadura (MPa);

z = braço da alavanca.

Ainda se tem a Equação 5:

$$[5] f_s = 0,5 \cdot f_{yd} = 0,5 \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_m}$$

Ou seja, metade da resistência ao escoamento de cálculo da armadura. Esta limitação é baseada na ideia de que eventualmente uma seção pode



► **Figura 2**

Características do painel para cálculo de  $h_{ef}$  de faixas intermediárias

Fonte: NBR 16868:2020

se deformar e o graute deslizaria dentro do vazado, interrompendo a transferência das tensões da armadura.

Baseados nos estudos de Izquierdo e Corrêa (2016) e Sipp e Parsekian (2018), entre outros, a NBR 16868:2020 conclui que o vínculo entre o bloco e o graute pode ser considerado forte o suficiente para permitir a transferência de tensões. Assim, a nova norma altera as limitações da tensão de escoamento do aço, dependendo do tipo de material do bloco e do diâmetro da barra da armadura, conforme abaixo:

- blocos de concreto:  $f_s = f_{yd}$ ;
- blocos ou tijolos cerâmicos, com faces lisas em contato com o graute:
  - para barras de 10 mm,  $f_s = f_{yd}$  (sem redução);
  - para barras de 12,5 mm,  $f_s = 0,75 \cdot f_{yd}$  (com redução de 25%);
  - para barras de 16 mm,  $f_s = 0,50 \cdot f_{yd}$  (com redução de 50%);
- blocos cerâmicos com faces com ranhuras em contato com o graute, tem-se  $f_s = f_{yd}$ .

Sánchez (2013) afirma que a adoção de apenas 50% da tensão característica ao escoamento do aço da armadura longitudinal de flexão para o dimensionamento à flexão é muito conservadora. Assim, a nova norma acerta em alterar este valor, baseada em estudos comprovados.

### 2.3.3 RESISTÊNCIA À FLEXO-COMPRESSÃO

Enquanto as NBR 15812:2010 e NBR 15961:2011 consideravam como elementos curtos aqueles em que o índice de esbeltez fosse menor que 12, a NBR 16868:2020 aumenta esse limite para 16.

Outra mudança que a nova norma apresenta, em relação às normas substituídas, é no modo de determinação do momento de segunda ordem, que segundo a NBR 16868:2020 é determinado pela equação 06, que utiliza em seu denominador o valor constante de 3600, enquanto as normas ainda vigentes e também a norma europeia, usam o valor constante de 2000:

Tipo de bloco	$f_{bk}$	$f_a$	$f_{gk}$	$f_{pk}/f_{bk}$	$f_{pk}^*/f_{pk}$	$f_{pk}$	$f_{pk}^*$	Espessura mínima de parede do bloco (mm)
	MPa							
Bloco vazado de concreto, conforme a ABNT NBR 61 (ref. 14 x 39 cm)	3,0	4,0	15,0	0,80	2,00	2,4	4,8	25
	4,0	4,0	15,0	0,80	2,00	3,2	6,4	25
	6,0	6,0	15,0	0,75	1,75	4,5	7,9	25
	8,0	6,0	20,0	0,75	1,75	6,0	10,5	25
	10,0	8,0	20,0	0,70	1,75	7,0	12,3	25
	12,0	8,0	25,0	0,70	1,60	8,4	13,4	25
	14,0	12,0	25,0	0,70	1,60	9,8	15,7	25
	16,0	12,0	30,0	0,65	1,60	10,4	16,6	25
	18,0	14,0	30,0	0,65	1,60	11,7	18,7	25
	20,0	14,0	35,0	0,60	1,60	12,0	19,2	25
	22,0	18,0	35,0	0,55	1,60	12,1	19,4	25
	24,0	18,0	40,0	0,55	1,60	13,2	21,1	25
	Bloco cerâmico de parede vazada, conforme a ABNT NBR 15270-1 (ref. 14 x 29 cm)	4,0	4,0	15,0	0,50	1,60	2,0	3,2
6,0		6,0	15,0	0,50	1,60	3,0	4,8	8
8,0		6,0	20,0	0,50	1,60	4,0	6,4	8
10,0		8,0	25,0	0,45	1,60	4,5	7,2	8
12,0		8,0	25,0	0,45	1,60	5,4	8,6	8
10,0		8,0	20,0	0,60	1,60	6,0	9,6	22
Bloco cerâmico de parede maciça, conforme a ABNT NBR 15270-1 (ref. 14 x 29 cm)	14,0	12,0	25,0	0,60	1,60	8,4	13,4	25
	18,0	15,0	30,0	0,60	1,60	10,8	17,3	30

Figura 3

Tabela com valores de referência para blocos, argamassas, grautes e primas

Fonte: NBR 16868:2020

$$[6] \quad M_{2d} = \frac{N_d \cdot (h_e)^2}{3600 \cdot t}$$

Onde:

$N_d$  – força normal de cálculo;

$h_e$  – altura efetiva do elemento comprimido;

$t$  – dimensão da seção transversal da peça no plano de flexão.

Essa diferença tem consequências diretas no valor do momento de segunda ordem e se baseia nas diretrizes do Eurocode 6. Ainda, nota-se que o valor encontrado pelas diretrizes da NBR 16868:2020 é bem inferior ao valor das NBR 15812:2010 e NBR 15961:2011.

Outra novidade que a nova norma introduz é a verificação de paredes com flexão oblíqua através de uma verificação por faixas. No caso específico de paredes, a NBR 16868:2020 permite substituir a verificação da seção em flexão oblíqua pela verificação de faixas submetidas à flexo-compressão fora do plano da parede.

O comprimento de cada faixa deve ser igual a cinco vezes a espessura da parede e no máximo de 100 cm, mesmo limitante máximo para as faixas

de pilares-paredes da NBR 6118:2014. O índice de esbeltez e o eventual momento de segunda ordem devem ser calculados para cada faixa, conforme a figura 2.

## 2.4 Anexos

Em seu Anexo A, a NBR 16868:2020 aborda danos acidentais e colapsos progressivos. Comparada às normas antigas, a nova norma técnica altera o caráter de informativo para normativo e acrescenta detalhes construtivos baseados em Parsekian (2014).

O Anexo B, assim como nas normas anteriores, discorre sobre alvenaria protendida. A nova norma muda novamente o caráter do anexo, de informativo para normativo.

Terceiro e último anexo de caráter normativo da NBR 16868:2020, o Anexo C traz as especificações de como dimensionar uma parede muito esbelta, com o índice de esbeltez maior que 30. São estabelecidos parâmetros para que seja possível que o dimensionamento ocorra.

O Anexo D é outra novidade da NBR 16868:2020, porém de caráter

informativo. Neste item, a nova norma permite o projeto de alvenaria participante, através do método da diagonal comprimida clássica, baseando-se nas especificações da CSA S304:2014 sobre "in fill walls", ou paredes participantes.

Em seu Anexo E, a NBR 16868:2020 disponibiliza o método de dimensionamento de painel sob ação fora do plano, por meio de tabelas. Para alvenaria não armada, a nova norma recomenda as tabelas da CSA S304:2014. Para a alvenaria armada, é recomendado usar as tabelas do Eurocode 6 (2005).

Em seu último anexo F, também informativo, a NBR 16868:2020 apresenta uma tabela, representada na Figura 3, com valores de resistência à compressão simples recomendados ao projetista para a especificação do bloco, argamassa, graute e do prisma. Tais valores devem ser confirmados com os devidos testes, mas segundo Medeiros e Parsekian (2019) o comitê organizador entende que valores comuns como refe-

rência para projetistas inexperientes são importantes.

### 3. CONCLUSÕES

A nova norma apresenta novidades positivas que terão efeitos imediatos quanto ao projeto da alvenaria estrutural, como, por exemplo, a avaliação de conformidade do projeto, que reforça a segurança, além de abrir uma nova gama de serviço para engenheiros. Ainda, o fim da limitação de considerar somente 50% da tensão na armadura no dimensionamento à flexão simples e ao cisalhamento já era uma mudança requerida por diversos autores. Esta alteração se baseia em estudos nacionais e fica dependendo do tipo de bloco, de suas paredes internas e do diâmetro do aço. Outro ponto positivo é o uso de armadura no dimensionamento à compressão simples.

A resistência à compressão da argamassa na NBR 16868:2020 continua sem limites mínimos, que seriam de bom uso para o controle do modo de ruptura, porém necessi-

tam de mais estudos para determinar tais limitantes, como concluiu Lübeck (2016).

A NBR 16868:2020 se baseia muito na norma canadense (CSA 304:2014) para inclusão de novos anexos C e D, Paredes com índice de esbeltez maior superior a 30 e Alvenaria participante, respectivamente. Estes anexos são muito bem-vindos, usando normas internacionais como referência, quando não há estudos e resultados nacionais.

De uma maneira geral, a publicação da NBR 16868:2020, que substituiu a NBR 15812:2010 e a NBR 15961:2011, acontece em bom tempo, se não atrasada, com praticamente uma década sem revisões. Com a nova norma, o Brasil alinha-se com a comunidade internacional, no quesito de normativas que abordam a alvenaria estrutural, deixando a segregação devido ao tipo do material do bloco, além de conseguir mesclar estudos nacionais com estudos e normas técnicas internacionais como fontes para seu texto. ☐

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABNT NBR15812: Alvenaria Estrutural – Blocos Cerâmicos. 1.ed. Rio de Janeiro, 2010.
- [2] ABNT NBR15961: Alvenaria Estrutural – Blocos de concreto. 1.ed. Rio de Janeiro, 2011.
- [3] ABNT NBR16868-1: Alvenaria Estrutural – Parte 1 - Projeto. 1.ed. Rio de Janeiro, 2020.
- [4] CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION. CSA S304: Design of Masonry Structures. Mississauga: CSA, 2014.
- [5] DE LIMA, A. N. Análise experimental da influência da resistência e espessura da argamassa de assentamento no desempenho mecânico de prismas de blocos cerâmicos. 2010. 128 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2010.
- [6] LÜBECK, A. Comportamento mecânico e influência da argamassa no modo de ruptura da alvenaria estrutural. 2016. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.
- [7] IZQUIERDO, O. S.; CORRÊA, M. R. S. Análise experimental da interface graute/bloco estrutural de concreto e cerâmico. Cadernos de Engenharia de Estruturas, São Carlos, v. 16, n. 66, p. 17-48, 2016.
- [8] RIZZATTI, L. S. Comparação entre os critérios da NBR 15812 – 1:2010 e NBR 15961-1:2011 com os do Projeto de Norma da NBR 16868-1:2020. 2020. 159 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2020.
- [9] MEDEIROS, W. A.; PARSEKIAN, G. A. Revisão e unificação das normas para alvenaria estrutural. 2019. Anais do 61º Congresso Brasileiro do Concreto, Outubro, 2019.
- [10] Parsekian, G.A., Medeiros, W.A. and Sipp, G. (2018), High-rise concrete and clay block masonry building in Brazil. Mauerwerk, 22: 260-272. <https://doi.org/10.1002/dama.201800010>
- [10] PARSEKIAN, G. A. The success of masonry structures in Brazil: practice, research and challenges. In: International Masonry Conference, 2014, Guimarães. Proceedings of the 9 th International Masonry Conference. Guimarães: Universidade do Minho, p. 1-24, 2014.
- [12] SÁNCHEZ, E. Nova normalização brasileira para a alvenaria estrutural. 1.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2013.
- [13] SCHOSSLER, R. T. Deformações e modo de ruptura em prismas de blocos de concreto: análise experimental com extensometria e correlação de imagem. 2019. 166 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2019.
- [14] SIPP, G. Avaliação do comportamento de aderência entre blocos cerâmicos e grautes. 2019. Dissertação (Mestrado em Construção civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2019.