

ESTUDO DO EFEITO DO NÃO PREENCHIMENTO DAS JUNTAS VERTICAIS E EFICIÊNCIA DO GRAUTE NA RESISTÊNCIA DA ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS CERÂMICOS

Larissa de Almeida Miranda¹ & Márcio Roberto Silva Corrêa²

Resumo

A criação de uma norma específica para bloco cerâmico a NBR 15812 (ABNT, 2010) confirmou o desenvolvimento deste material como alternativa para a construção em alvenaria estrutural. Diante desse contexto o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do não preenchimento das juntas verticais em pequenas paredes e também avaliar a eficiência do graute em prismas e pequenas paredes. Os resultados mostram que o não preenchimento das juntas verticais não influenciou significativamente a resistência à compressão da alvenaria e também seu módulo de elasticidade. Mas, reduziu significativamente a sua resistência ao cisalhamento, sem, contudo, influenciar seu módulo de deformação transversal. Os resultados dos prismas grauteados mostraram que o graute no interior do prisma não influenciou sua resistência à compressão em relação à sua área bruta para os dois tipos de graute estudados. Já nas pequenas paredes grauteadas, houve aumento significativo de sua resistência à compressão em relação à área bruta.

Palavras-chave: Bloco cerâmico estrutural. Junta vertical não preenchida. Grauteamento.

STUDY OF THE EFFECT OF UNFILLED VERTICAL JOINTS AND EFFICIENCY OF GROUT IN THE STRENGTH OF STRUCTURAL MASONRY OF CLAY BRICKS

Abstract

The creation of a specific standard for ceramic brick NBR 15812 (ABNT, 2010) confirmed the development of this material as an alternative to structural masonry construction. In this context the objective of this study was to evaluate the effect of unfilled vertical joints in small walls and also to evaluate the efficiency of grouting prisms and small walls. The results show that unfilled vertical joints did not significantly influence the compressive strength of masonry as well as its elastic modulus. But significantly reduced shear strength, without, however, influence your shear elastic modulus. The results of grouted prism showed that the grout within the prism not influence the compressive strength in relation to its gross area, for both types of grout studied, but in small grouted walls, there was significant increase in the compressive strength in relation to its gross area.

Keywords: Structural ceramic brick. Unfilled vertical joints. Grouted masonry.

1 INTRODUÇÃO

É notório o crescente uso da alvenaria estrutural no país como solução para construções de edifícios residenciais. Com isto surge a necessidade de atualizar as normalizações vigentes, buscando a adequação aos materiais presentes no mercado para garantir um dimensionamento seguro e ao

¹ Mestre em Engenharia de Estruturas - EESC-USP, larissa_miranda@ymail.com

² Professor do Departamento de Engenharia de Estruturas da EESC-USP, mcorrea@sc.usp.br

mesmo tempo econômico. Assim foi criada a norma de alvenaria estrutural específica de bloco cerâmico, a NBR 15812, partes 1 e 2, colocada em vigor a partir de 2010, uma vez que o bloco cerâmico estrutural vem se consolidando no mercado.

No contexto da utilização da alvenaria estrutural, novas práticas construtivas vêm surgindo como o não preenchimento das juntas verticais capaz de acelerar o seu processo construtivo. No entanto, o efeito que isso causa na alvenaria estrutural ainda é motivo de discordância entre os pesquisadores, principalmente com relação à resistência ao cisalhamento. O preenchimento dos vazios no interior da alvenaria com o graute como alternativa para aumentar sua resistência, também é uma prática que tem sido adotada pelos projetistas e construtoras. No entanto, a resistência à compressão necessária ao graute para gerar um ganho efetivo de resistência na alvenaria ainda gera discordância entre os pesquisadores. Principalmente quando se trata da alvenaria de bloco cerâmico, por ser o graute um material diferente do bloco cerâmico.

Portanto, este trabalho visa contribuir com o estudo da influência do não preenchimento das juntas verticais avaliando o seu efeito na resistência à compressão e ao cisalhamento e também estudar a eficiência à compressão do graute na alvenaria estrutural de blocos cerâmicos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Influência do não preenchimento das juntas verticais

Nos últimos anos, os trabalhos que estudaram este tema chegaram a resultados e conclusões contraditórios. A influência do não preenchimento das juntas verticais na resistência à compressão da alvenaria foi estudada por Passos, Santos e Carvalho (2002) e Santos (2001) e concluíram que houve perda da capacidade resistente da alvenaria. Já Vilató (2004) concluiu que o não preenchimento das juntas verticais não influenciou significativamente a resistência à compressão da alvenaria.

O estudo desse parâmetro avaliando a resistência ao cisalhamento se torna ainda mais complexo devido à diversidade de ensaios utilizados pelos autores para obter seus resultados e também diversidade de materiais presentes no mercado: blocos de diferentes materiais com resistências variadas e argamassa com traços diferentes. Como exemplo de ensaio de resistência ao cisalhamento tem-se o ensaio de compressão diagonal, especificado pela norma brasileira NBR14321 (ABNT,1999). Outro ensaio muito utilizado é o *racking test*, neste ensaio é possível variar o nível de pré-compressão aplicada na parede para simular o efeito dos pavimentos superiores existentes nas paredes dos edifícios de alvenaria estrutural.

Vilató (2004) avaliou a influência do não preenchimento das juntas verticais na resistência ao cisalhamento da alvenaria variando a resistência dos blocos e também a pré-compressão aplicada. O autor concluiu que o fator tipo de junta passou a ser significativo na resistência ao cisalhamento na medida em que aumentou a resistência do material, para um mesmo nível de pré-compressão. E variando o nível de pré-compressão, considerando a formação da primeira fissura como o estado limite, o fator tipo de junta foi significativo com o aumento da pré-compressão empregada na alvenaria.

Já contradizendo os resultados encontrados por Vilató (2004) com relação à resistência ao cisalhamento variando o nível de pré-compressão, Santos (2001) afirmou que um maior nível de pré-compressão aplicado na alvenaria fez o parâmetro não preenchimento da junta vertical pouco influenciar em sua resistência final. Um exemplo de pesquisa que utilizou o ensaio de compressão diagonal para avaliar a influência do não preenchimento das juntas verticais da alvenaria na resistência ao cisalhamento foi o desenvolvido por Cavalheiro, Pozzobon e Santos (2000). Os autores variaram o tipo de bloco utilizado e também o traço da argamassa. Em todos os casos os autores observaram perda de resistência quando não preenchidas as juntas verticais. Esta perda variou de acordo com a resistência da argamassa utilizada na parede. Haach, Vasconcelos e Lourenço (2010) também estudaram o comportamento da alvenaria com as juntas verticais não preenchidas na

resistência ao cisalhamento da alvenaria através do ensaio de compressão diagonal. Os autores concluíram que a presença das juntas verticais influenciou na resistência final, uma vez que o aumento da área de contato melhora a distribuição das tensões. No entanto, com relação ao módulo de deformação transversal os autores consideraram que o fator tipo de junta pouco influenciou.

Diante dessa diversidade de resultados, fica evidente a necessidade de um estudo que colabore com a literatura disponível sobre o assunto, principalmente a que considere em seus estudos a influência do não preenchimento das juntas verticais na resistência ao cisalhamento.

2.2 Eficiência do graute

As conclusões obtidas pelos pesquisadores sobre a eficiência do graute na resistência à compressão da alvenaria de bloco cerâmico se divergem. A NBR 15812 trata da utilização do graute através do controle da resistência do prisma. Ou seja, a resistência característica de projeto estabelecida ao prisma no dimensionamento tem que ser compatível com a resistência dos prismas de controle na obra, independente deste ser grauteado ou não. No entanto, é necessário ao projetista um conhecimento prévio da eficiência do graute na alvenaria para não haver uma incompatibilidade entre o projeto e a prática construtiva.

Pesquisadores como Gomes (1983), Camacho (1995) e Garcia (2000) estudaram a influência do graute na resistência à compressão da alvenaria de blocos cerâmicos. Os autores concluíram que a resistência do graute deveria ser no mínimo a resistência do bloco em relação à sua área líquida para que houvesse ganho efetivo de resistência da alvenaria. No entanto, Mendes (1998), Arantes (2003) e Grohmann (2006) concluíram que um graute com resistência à compressão bastante elevada não conferiu aumento na resistência à compressão dos prismas estudados quando utilizada uma argamassa de assentamento com traço forte. Mendes (1998) e Grohmann (2006) obtiveram como resultados perda na resistência à compressão de prismas na medida em que eram preenchidos com grautes mais resistentes e assentados com um tipo de argamassa de traço mais fraco.

Portanto, não existe um critério bem definido que estabeleça a relação entre a resistência à compressão do graute e do prisma para gerar um acréscimo na resistência da alvenaria.

3 PROGRAMA EXPERIMENTAL

3.1 Caracterização dos materiais

Em um estudo preliminar foram utilizados blocos cerâmicos de dimensões nominais: comprimento – 29 cm, largura – 14 cm e altura – 19 cm, posteriormente, blocos cerâmicos com dimensões nominais: comprimento – 39 cm, largura – 14 cm e altura – 19 cm. As duas famílias de blocos pertencem ao mesmo fabricante. A argamassa utilizada foi a de traço em volume de 1:0,5:4,5 de cimento, cal e areia, respectivamente.

Foram estudados dois grautes, denominados Graute A e Graute C de traços 1:3,06:2,94 (cimento, areia, brita 0) e 1:1,9:2,21 (cimento, areia e brita 0), respectivamente.

3.2 Metodologia

O trabalho foi dividido em duas etapas. A primeira consistiu no estudo preliminar em que foram utilizados blocos de largura de 29 cm. Nesta etapa, foram moldados 12 prismas grauteados com o Graute A e 12 com o Graute C. Os resultados de resistência à compressão foram comparados com uma série de 6 prismas ocos. Apenas nos prismas grauteados, o assentamento se deu com argamassa na lateral do bloco como mostra a Figura 4. O objetivo desse estudo preliminar foi a

definição do graute de melhor desempenho dentre os dois estudados para utilização na etapa posterior, que consiste no programa experimental propriamente dito.

O programa experimental, em que foram utilizados os blocos de 39 cm, foi dividido em cinco séries. As três primeiras séries corresponderam a ensaios de resistência à compressão, de acordo com a NBR 15812-2 (ABNT, 2010). As duas últimas séries corresponderam a ensaios de resistência ao cisalhamento através do ensaio de compressão diagonal especificado pela NBR14321 (ABNT,1999). A seguir é descrito as características inerentes a cada série:

- 1ª série – seis pequenas paredes assentadas com juntas verticais preenchidas e doze prismas;
- 2ª série – seis pequenas paredes assentadas com juntas verticais não preenchidas e doze prismas;
- 3ª série – seis pequenas paredes assentadas com juntas verticais preenchidas e vazios grauteados e doze prismas grauteados;
- 4ª série – três pequenas paredes assentadas com juntas verticais preenchidas;
- 5ª série – três pequenas paredes assentadas com juntas verticais não preenchidas;

O prisma utilizado em todo o trabalho foi o constituído de dois blocos. Os da 1ª série não se diferenciaram dos da 2ª série, mas os prismas da 3ª série possuíram seus vazios preenchidos com o graute definido no estudo preliminar. É importante destacar que diferentemente dos prismas grauteados do estudo preliminar, todos os prismas do programa experimental teve o argamassamento total como forma de assentamento dos blocos, bem como também, as pequenas paredes ensaiadas. A geometria das pequenas paredes das séries de resistência à compressão é ilustrada nas Figuras 1 e 2. Na Figura 3 as pequenas paredes das séries de resistência ao cisalhamento são apresentadas. Nestas paredes, foram grauteados os blocos que ficariam em contato com o sistema de aplicação da carga. Ressalta-se também a necessidade de utilizar juntas verticais preenchidas na 5ª série, mas apenas na primeira e última fiada, para garantir a transmissão da carga por toda a parede.

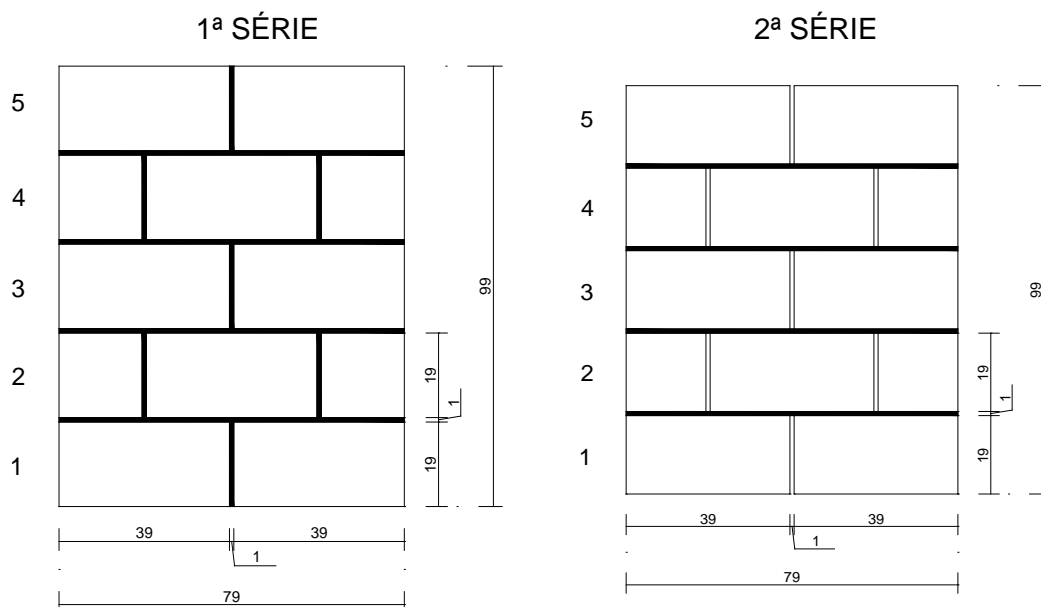


Figura 1 – Detalhamento das pequenas paredes das 1ª e 2ª séries.

3ª SÉRIE

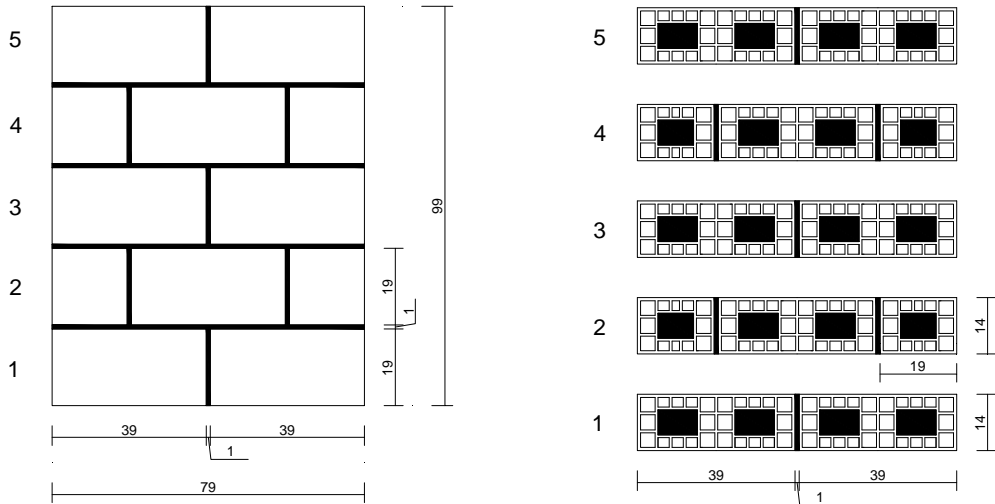
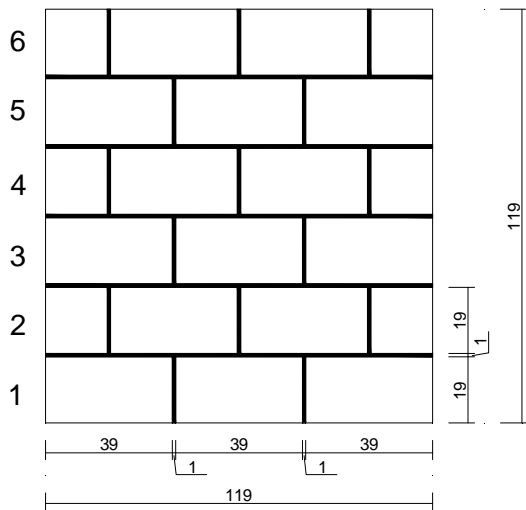


Figura 2 – Detalhamento das pequenas paredes da 3ª série.

4ª SÉRIE



5ª SÉRIE

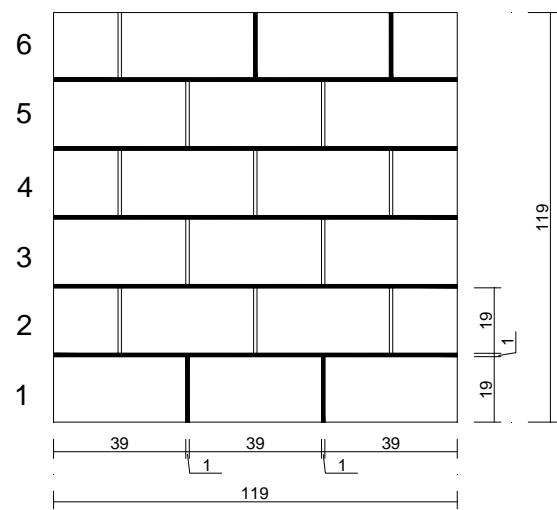


Figura 3 – Detalhamento das 4ª e 5ª séries ensaiadas.



Figura 4 – Assentamento dos prismas grauteados no estudo preliminar.

1.1 Instrumentação

Como instrumentação das pequenas paredes das séries de compressão, foram utilizados quatro transdutores de deslocamentos posicionados na vertical, dois em cada face, e um transdutor posicionado na horizontal conforme a Figura 5. Para os prismas foram utilizados quatro transdutores de deslocamento, posicionados na vertical, com dois em cada face, conforme a Figura 6. Já para as séries de cisalhamento foram utilizados quatro transdutores, dois em cada face, posicionados na vertical e horizontal como apresenta a Figura 7. Tanto o módulo de elasticidade das pequenas paredes e prismas no ensaio de resistência à compressão como o módulo de deformação transversal no ensaio de resistência ao cisalhamento, foram obtidos pela inclinação da linha de tendência no gráfico tensão *versus* deformação. A aplicação da carga sempre se deu através do controle de deslocamento.

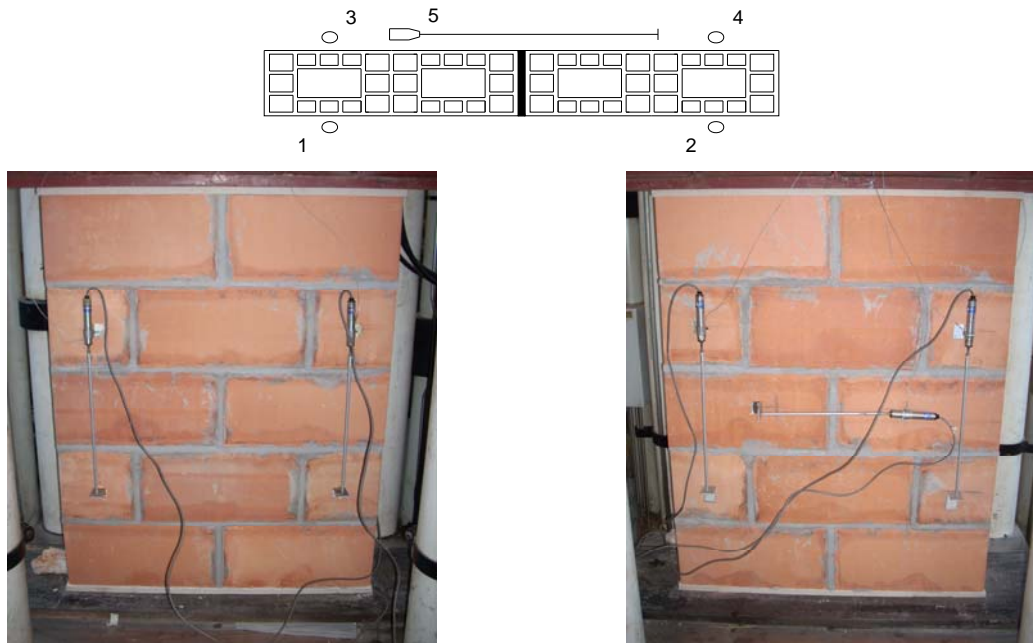


Figura 5 – Esquema de instrumentação para o ensaio de resistência à compressão.



Figura 6 – Instrumentação do prisma.

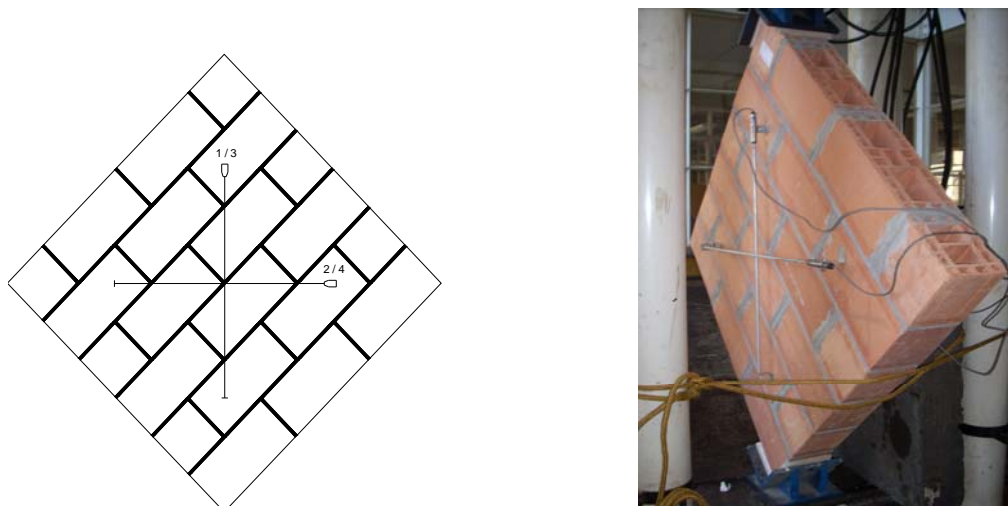


Figura 7 – Esquema de instrumentação para o ensaio de resistência ao cisalhamento.

2 RESULTADOS E ANÁLISES

2.1 Materiais e componentes

As Tabelas 1 e 2 apresentam os resultados do ensaio de resistência à compressão dos blocos de 39 cm e argamassa utilizada no trabalho. A Tabela 3 apresenta os resultados de resistência à compressão do Graute A e Graute C utilizado no estudo preliminar. Já a Tabela 4 apresenta o resultado de resistência à compressão do Graute A utilizado na confecção das pequenas paredes e prismas grauteados (com blocos de 39 cm).

Tabela 1 – Resultados de caracterização dos blocos de 39 cm

BLOCO	Resistência média à compressão A_{bruta} (MPa)	Módulo de elasticidade A_{bruta} (MPa)	Resistência característica A_{bruta} (MPa)	Resistência média à compressão $A_{líquida}$ (MPa)	Módulo de elasticidade $A_{líquida}$ (MPa)
MÉDIA	10,89	3476,50	7,81	31,73	9876,43
D. P.	1,52	405,01		3,31	1150,48
C. V. (%)	13,94	11,65		10,44	11,65

Tabela 2 – Resultados de caracterização da argamassa

ARGAMASSA	Resistência média à compressão (MPa)				
	1ª Série	2ª Série	3ª Série	4ª Série	5ª Série
MÉDIA	5,71	4,72	5,93	9,42	8,48
D. P.	0,75	0,84	0,53	0,98	1,56
C. V. (%)	13,08	17,77	8,90	10,42	18,38

Tabela 3 – Resistência à compressão simples de corpos de prova de Graute A e Graute C

		Força (kN)	Resistência média à compressão (MPa)
Graute A	Média	77,61	9,88
	D. P.		0,64
	C.V. (%)		6,5
Graute C	Média	198,80	25,31
	D. P.		0,82
	C.V. (%)		3,2

Tabela 4 – Resultados de caracterização do Graute A posteriormente produzido

GRAUTE	Resistência média à compressão (MPa)	Módulo de elasticidade (MPa)
MÉDIA	13,12	21090,89
D. P.	0,80	2313,37
C. V. (%)	6,07	10,97

2.2 Prismas – blocos de 29 cm

A Tabela 5 abaixo apresenta os resultados de resistência à compressão dos prismas ocós e grauteados com o Graute A e Graute C do estudo preliminar. Os resultados se referem à área bruta.

Tabela 5 – Resistência à compressão de prismas grauteados: Graute A e Graute C e prismas ocós

Prisma	Resistência média à compressão (MPa)		
	Graute A	Graute C	Prisma Oco
Média	6,24	5,85	6,13
D. P.	1,58	0,84	0,80
C.V. (%)	25,3%	14,3%	13,10
f_{pk}	3,32	4,61	4,69

A análise estatística comparando primeiramente as médias dos resultados de resistência à compressão dos prismas grauteados com o Graute A e Graute C mostrou que os valores podem ser considerados equivalentes a um nível de significância de 5%. Assim, o preenchimento do prisma com um graute de maior resistência, o Graute C, não conferiu ao prisma aumento na sua resistência à compressão. Já a análise estatística comparando a média dos resultados dos prismas grauteados, tanto com o Graute A e o Graute C, com a média dos prismas ocós, mostrou que os valores também podem ser considerados equivalentes a um nível de significância de 5%. Assim, o preenchimento dos vazios do prisma com graute, não fez aumentar sua capacidade portante.

2.3 Prismas – blocos de 39 cm

A Figura 8 a seguir apresenta o modo de ruptura dos prismas das 1ª, 2ª e 3ª séries. Independente de ter seus vazios grauteados ou não, os prismas apresentaram ruptura por tração

horizontal na parede longitudinal ou transversal do bloco e ocorreu nos planos de fraqueza existentes devido aos furos nas paredes dos blocos. O formato da ruptura caracteriza também o confinamento sofrido junto ao topo e a base. A ruptura do prisma grauteado se deu de forma mais brusca e explosiva, o que leva a entender que houve uma sollicitação no prisma pelo graute. O comportamento apresentado pelos prismas com blocos de 39 cm foi equivalente ao comportamento observado nos prismas com blocos de 29 cm do estudo preliminar.



Figura 8 – Modo de ruptura dos prismas das 1ª, 2ª e 3ª séries.

A Tabela 6 apresenta os resultados de carga máxima, resistência média à compressão, resistência característica e módulo de elasticidade, sempre em relação à área bruta, das 1ª, 2ª e 3ª séries. E também a resistência média à compressão em relação à área líquida das 1ª e 3ª séries.

Tabela 6 – Resultados obtidos com os prismas das 1ª, 2ª e 3ª séries

		Carga máxima (kN)	Resistência média à compressão A_{bruta} (MPa)	Resistência característica A_{bruta} (MPa)	Módulo de elasticidade A_{bruta} (MPa)	Resistência média à compressão $A_{líquida}$ (MPa)
1ª Série	Média	315,23	5,77	4,16	3174,69	16,40
	D. P.	48,13	0,88		417,58	2,50
	C. V. (%)	15,27	15,27		13,15	15,27
2ª Série	Média	244,34	4,48	3,57	3497,55	-
	D. P.	41,62	0,76		469,21	
	C. V. (%)	17,03	17,05		13,42	
3ª Série	Média	352,90	6,46	3,79	8036,51	9,80
	D. P.	90,43	1,66		1234,53	2,51
	C. V. (%)	25,63	25,65		15,36	25,63

No prisma o objetivo foi avaliar a influência do graute na resistência à compressão da alvenaria. A análise estatística que comparou os resultados de resistência à compressão dos prismas se referindo à área bruta das 1ª e 3ª séries mostrou que as médias podem ser consideradas iguais a um nível de significância de 5%. Sendo assim, o graute no interior do prisma não fez aumentar a resistência à compressão do mesmo. Já a análise estatística comparando os resultados de resistência à compressão dos prismas se referindo à área líquida das duas séries mostrou que a resistência à

compressão dos prismas ociosos pode ser considerada maior que a resistência à compressão dos prismas grauteados, a um nível de significância de 5%. Portanto, o graute no interior do prisma fez diminuir a resistência do mesmo em relação à sua área líquida, pois o aumento de área proporcionado pelo grauteamento dos vazios não fez aumentar a capacidade portante do mesmo.

2.4 Pequenas paredes

2.4.1 Influência do não preenchimento das juntas verticais

A Figura 9 a seguir apresenta o modo de ruptura das pequenas paredes das 1ª e 2ª séries respectivamente.



Figura 9 – Modo de ruptura das pequenas paredes das 1ª e 2ª séries.

Pela Figura 9, percebe-se que, nos dois casos, as fissuras ocorreram na direção das juntas verticais se propagando pelos blocos. Os dois tipos de pequenas paredes romperam por tração horizontal com a formação de fissuras na lateral.

A Figura 10 apresenta os gráficos tensão *versus* deformação dos seis corpos de prova ensaiados das 1ª e 2ª séries. E a Tabela 7 apresenta os resultados de carga máxima, resistência média à compressão, resistência característica e módulo de elasticidade, sempre em relação à área bruta, das 1ª e 2ª séries.

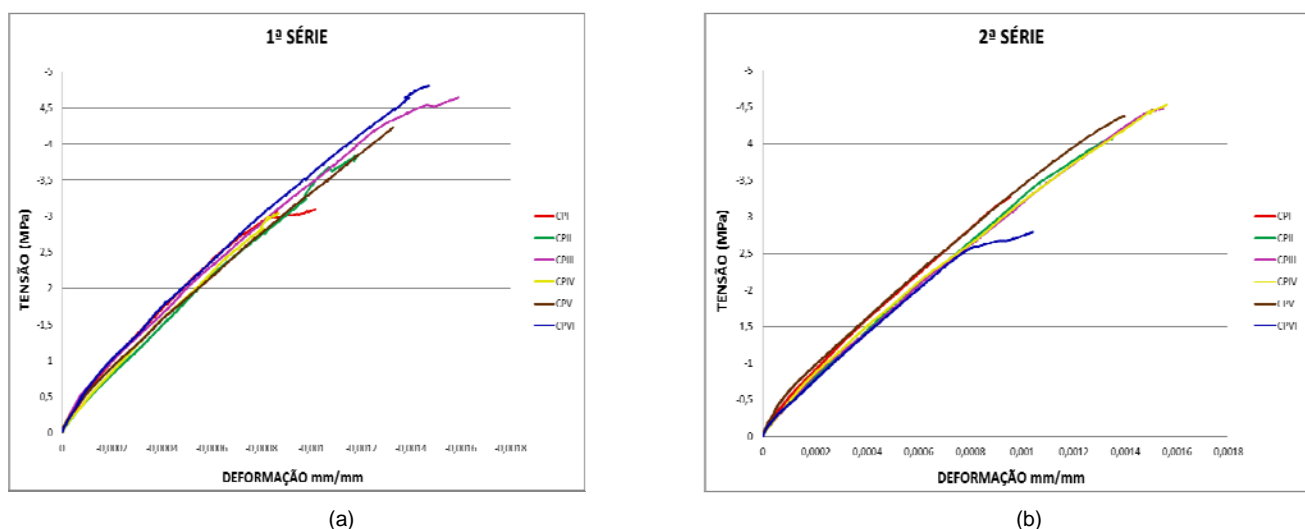


Figura 10 – Gráfico tensão *versus* deformação das pequenas paredes das 1ª e 2ª séries

Tabela 7 – Resultados obtidos com as pequenas paredes das 1ª e 2ª séries

		Carga máxima (kN)	Resistência média à compressão (MPa)	Resistência característica (MPa)	Módulo de elasticidade (MPa)
1ª Série	Média	435,76	3,94	2,70	3919,18
	D. P.	83,76	0,76		459,15
	C. V. (%)	19,22	19,22		11,72
2ª Série	Média	433,54	3,92	2,48	3592,07
	D. P.	79,47	0,72		248,12
	C. V. (%)	18,33	18,44		6,91

Pela análise da Figura 10, pode-se observar que o comportamento dos corpos de prova das pequenas paredes da 2ª série foi semelhante ao comportamento dos corpos de prova da 1ª, com o colapso ocorrendo de forma brusca e repentina.

A análise estatística dos resultados da Tabela 7 mostrou a um nível de significância de 5%, que não houve diferença significativa entre os valores de resistência à compressão e módulo de elasticidade das pequenas paredes. Portanto, o não preenchimento das juntas verticais não exerceu influência nestas propriedades.

Com relação ao ensaio de resistência ao cisalhamento a Figura 11 apresenta o modo de ruptura das pequenas paredes das 4ª e 5ª séries. Com análise da Figura 11 (a) é possível perceber que o modo de ruptura da pequena parede da 4ª série se deu com o surgimento de uma fissura central percorrendo a interface bloco argamassa, atravessando em alguns pontos o bloco. No entanto nesta série, algumas paredes romperam com o surgimento de uma fissura percorrendo a interface bloco junta horizontal da primeira fiada superior. Já as pequenas paredes da 5ª série sempre romperam como apresentado na Figura 11 (b), com a fissura se propagando na interface bloco junta horizontal seguindo a junta vertical não preenchida sem atravessar os blocos.

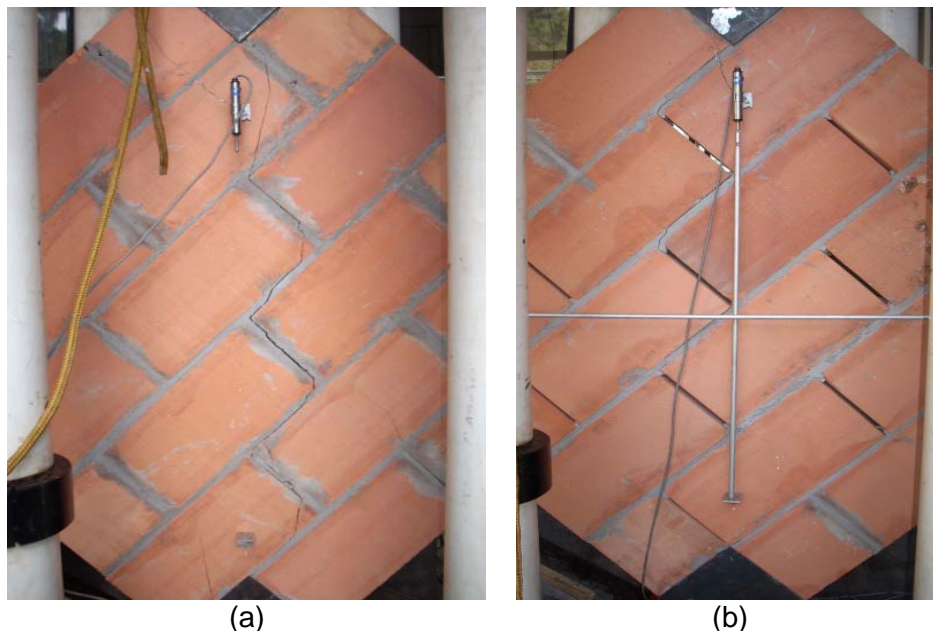


Figura 11 – Ruptura das pequenas paredes das 4ª e 5ª séries.

A Tabela 8 a seguir apresenta os resultados de carga máxima, resistência média ao cisalhamento, resistência característica e o módulo de deformação transversal das pequenas paredes das 4ª e 5ª séries.

Tabela 8 – Resultados obtidos com as pequenas paredes das 4ª e 5ª séries

		Carga máxima (kN)	Resistência média ao cisalhamento (MPa)	Resistência característica (MPa)	Módulo de deformação transversal (MPa)
4ª Série	Média	101,06	0,30	0,20	1185,90
	D. P.	14,54	0,04		120,66
	C. V. (%)	14,39	14,39		10,17
5ª Série	Média	50,54	0,15	0,11	1016,74
	D. P.	4,41	0,01		180,42
	C. V. (%)	8,73	8,73		17,75

A análise estatística mostrou que as médias obtidas para a resistência à compressão são consideradas diferentes a um nível de significância de 5%, assim o não preenchimento das juntas verticais diminuiu a resistência ao cisalhamento. No entanto, comparando os valores obtidos para o módulo de deformação transversal, a análise mostrou que podem ser considerados equivalentes a um nível de significância de 5%.

A Figura 12 a seguir apresenta os gráficos tensão cisalhante *versus* distorção das pequenas paredes das 4ª e 5ª séries. O comportamento dos gráficos da 4ª série mostra que as pequenas paredes se deformaram até atingirem o colapso. Já as pequenas paredes da 5ª série se deformaram até um instante do carregamento. Após este ponto, perderam capacidade portante e provavelmente devido a um rearranjo interno, dado por acomodações provenientes da ausência das juntas verticais, retomaram à sua capacidade resistente. Neste ponto, porém, possivelmente os transdutores se movimentaram e passaram a marcar deformações contrárias às iniciais.

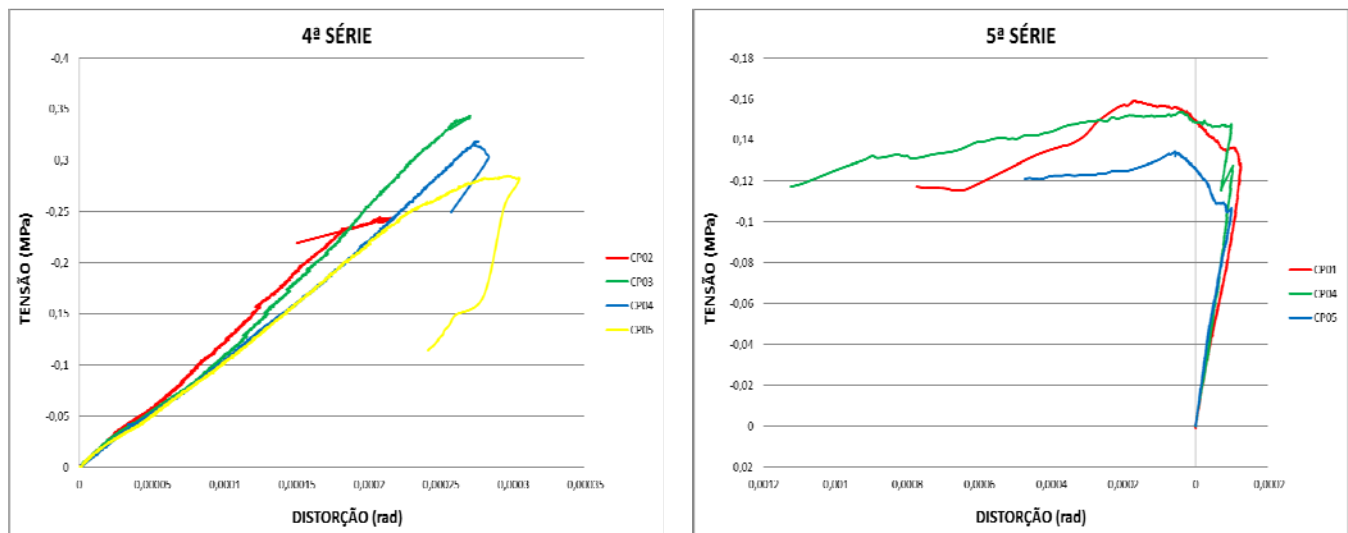


Figura 12 – Gráfico tensão *versus* deformação das pequenas paredes das 4ª e 5ª séries.

2.4.2 Eficiência do graute

A Figura 13 apresenta o modo de ruptura das pequenas paredes da 3ª série. A ruptura se deu com o surgimento de poucas fissuras não sendo observada visivelmente a fissura lateral que

caracteriza o colapso da pequena parede por tração horizontal. No entanto, é importante ressaltar que por razões de segurança, como as pequenas paredes suportaram cargas elevadas, o ensaio foi interrompido no instante em que ocorria a redução da carga, pois já indicava a ruptura da pequena parede.



Figura 13 – Modo de ruptura das pequenas paredes da 3ª série

A Tabela 9 apresenta os resultados de carga máxima, resistência média à compressão, resistência característica e módulo de elasticidade, sempre em relação à área bruta, das 1ª e 3ª séries. Assim como nos prismas, é apresentado também a resistência média à compressão das pequenas paredes em relação à sua área líquida.

Tabela 9 – Resultados obtidos com as pequenas paredes das 1ª e 3ª séries

		Carga máxima (kN)	Resistência média à compressão A_{bruta} (MPa)	Resistência característica A_{bruta} (MPa)	Módulo de elasticidade A_{bruta} (MPa)	Resistência média à compressão $A_{líquida}$ (MPa)
1ª Série	Média	435,76	3,94	2,70	3919,18	10,94
	D. P.	83,76	0,76		459,15	2,10
	C. V. (%)	19,22	19,22		11,72	19,22
3ª Série	Média	805,69	7,29	6,15	10250,67	10,97
	D. P.	94,66	0,86		1231,37	1,29
	C. V. (%)	11,75	11,75		12,01	11,75

A análise estatística com os resultados de resistência à compressão em relação à área bruta mostrou que houve diferença significativa entre as médias, a um nível de significância de 5%. Assim, diferentemente do comportamento apresentado pelo prisma, o graute no interior da pequena parede fez com a mesma suportasse mais carga. Já os resultados de resistência à compressão em relação à área líquida mostraram que as médias são equivalentes, ou seja, o ganho de resistência foi proporcional ao aumento de área ao se preencher os vazios com o graute. É possível que o maior efeito do confinamento no prisma e também por serem as paredes laterais do bloco vazadas, contribua aumentando a tração horizontal na junta de assentamento do prisma, principalmente por suas dimensões serem menores que as da pequena parede.

A Figura 14 apresenta o gráfico tensão *versus* deformação das pequenas paredes grauteadas. Pela comparação com a Figura 10 (a), é possível perceber variação no comportamento entre os

corpos de prova grauteados. Esta diferença no comportamento pode ser atribuída ao graute no interior das pequenas paredes, por se tratar de um material diferente inserido no sistema.

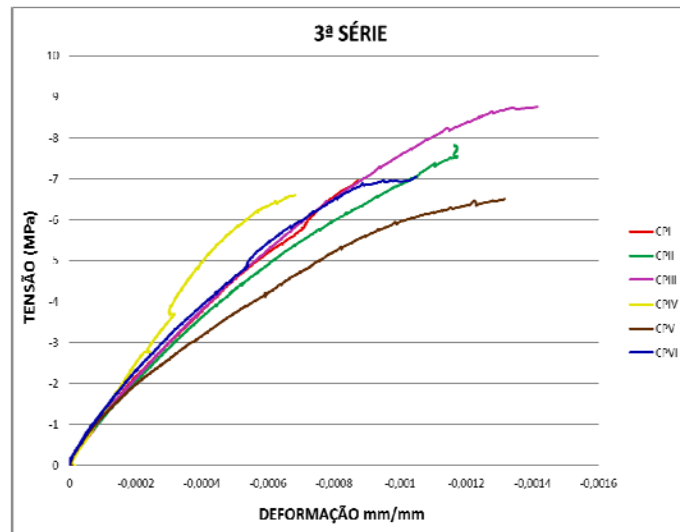


Figura 14 – Gráfico tensão *versus* deformação das pequenas paredes da 3ª série.

3 CONCLUSÕES

3.1 Influência do não preenchimento das juntas verticais

A influência do não preenchimento das juntas verticais na alvenaria foi avaliada considerando a sua resistência à compressão e resistência ao cisalhamento através do ensaio de compressão diagonal em pequenas paredes. Com os resultados e análises apresentados pode-se concluir que a resistência à compressão e o módulo de elasticidade não foram influenciados por esse parâmetro. O modo de ruptura apresentado pelos corpos de prova também foi o mesmo para os dois tipos de juntas, e se deu com fissuras na direção da junta vertical atravessando os blocos. Já os resultados e análises do ensaio de resistência ao cisalhamento mostraram que o parâmetro tipo de junta vertical exerceu influência, com resistência ao cisalhamento maior quando as juntas foram preenchidas. O mesmo não foi observado para o módulo de deformação transversal, pois a análise estatística mostrou que o fator tipo de junta não exerceu influência, sendo considerados equivalentes os valores obtidos nas pequenas paredes assentados com os dois tipos de junta vertical.

3.2 Eficiência do graute

O estudo da eficiência do graute se deu inicialmente com a análise do efeito de dois grautes, Graute A e Graute C, em prismas construídos com blocos de 29 cm. A partir desses resultados, pequenas paredes grauteadas foram construídas e foram moldados novamente um conjunto de prismas também grauteados associados a essas pequenas paredes com blocos de 39 cm, conforme já descrito na metodologia do trabalho.

A análise estatística confirmou que os grautes possuíam resistência à compressão diferente. A análise dos resultados dos prismas construídos com o Graute A e Graute C, confirmou que as médias de resistência à compressão em relação à área bruta foram consideradas equivalentes. E da mesma forma, comparando os resultados dos prismas grauteados, tanto com o Graute A e o Graute C, com os prismas ocos, as análises mostraram que o preenchimento dos vazios com os grautes não fez aumentar a resistência à compressão. Desta forma, para a construção das pequenas paredes e dos

prismas foi escolhido o Graute A, o de menor resistência. O comportamento encontrado nos prismas construídos com blocos de 39 cm foi o mesmo do prisma com blocos de 29 cm. Ou seja, não houve diferença entre a resistência à compressão em relação à área bruta dos prismas grauteados com o Graute A e os prismas ociosos. A comparação entre as médias de resistência à compressão em relação à área líquida mostrou que houve perda na resistência à compressão dos prismas grauteados em relação aos prismas ociosos. Já os resultados encontrados nas pequenas paredes grauteadas com o Graute A mostraram que houve um aumento significativo da resistência à compressão em relação à área bruta comparada com a média de resistência à compressão da pequena parede oca. Mas em relação à área líquida, os valores encontrados foram considerados equivalentes. Os resultados apresentados mostram que as pequenas paredes apresentaram um comportamento diferente do observado nos prismas. Entende-se que isto pode ter ocorrido devido ao maior confinamento sofrido pelo prisma juntamente com o fato de as paredes laterais serem vazadas que intensificaria o efeito da tração horizontal sofrida por ele.

4 REFERÊNCIAS

- ARANTES, C. A. (2003). **Influência do graute na alvenaria estrutural cerâmica**. 175p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1999). **NBR 14321**: Paredes de alvenaria estrutural – Determinação da resistência ao cisalhamento. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2010). **NBR 15812-1**: Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos parte 1: Projetos. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2010). **NBR 15812-2**: Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos parte 2: Execução e controle de obras. Rio de Janeiro.
- CAMACHO J. S. (1995). **Contribuição ao estudo de modelos físicos reduzidos de alvenaria estrutural cerâmica**. 157p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.
- CAVALHEIRO, O. P.; POZZOBON, M. A.; SANTOS M. D. F. (2000). Diagonal tensile and compressive strengths of hollow clay and concrete block specimens. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON STRUCTURAL MASONRY FOR DEVELOPING COUNTRIES, 6., 2000, Bangalore. **Proceedings...** Bangalore: [s.n.]. p.157-163.
- GARCIA P. D. (2000). **Contribuições ao estudo da resistência à compressão de paredes de alvenaria de blocos cerâmicos**. 115p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.
- GOMES N. S. (1983). **A resistência das paredes de alvenaria**. 191p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1983.
- GROHMANN L. Z. (2006). **Análise do comportamento de prismas grauteados de alvenaria estrutural cerâmica**. 160p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.
- HAACH V.G.; VASCONCELOS G.; LOURENÇO P. B. (2010). Influence of the geometry of units and of the filling of vertical joints in the compressive and tensile strength of masonry. **Materials Science Forum**, v. 636-637, p. 1321-1328, Jan. Disponível em: <<http://www.scientific.net>>. Acesso em: 9 Sept. 2010.

MENDES R. J. K. (1998). **Resistência à compressão de alvenaria de blocos cerâmicos estruturais**. 185p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

PASSOS, M. E. M.; SANTOS, F. A.; CARVALHO, M. C. R. (2002). Avaliação experimental do comportamento e da resistência à compressão de paredes com juntas verticais não preenchidas. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON STRUCTURAL MASONRY FOR DEVELOPING COUNTRIES, 7., 2002, Belo Horizonte. **Proceedings...** Belo Horizonte: [s.n.]. p.163-167.

SANTOS F. A. (2001). **Efeito do não-preenchimento de juntas verticais no desempenho de edifícios em alvenaria estrutural**. 154 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

VILATÓ R. R. (2004). **Influência do preenchimento das juntas verticais entre componentes no comportamento da alvenaria estrutural**. 165p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.