



INFLUÊNCIA DA ARGAMASSA DE REVESTIMENTO NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL EM PRISMAS DE ALVENARIA RESISTENTE DE BLOCOS CERÂMICOS

J. M. F. Mota ⁽¹⁾, G. N. Araújo Neto ⁽²⁾ e R. A. Oliveira ⁽²⁾

⁽¹⁾ UFPE - Universidade Federal de Pernambuco, Rua Zenóbio Lins, 50 CEP: 50.711-300, Recife, PE, joão@vieiramota.com.br

⁽²⁾ UNICAP – Universidade Católica de Pernambuco, Rua Caio Pereira, 226, CEP: 52041-010, Rosarinho, Recife-PE, romilde@elogica.com.br

RESUMO

A partir da década de 70, iniciou-se a construção, em larga escala, de edifícios tipo “caixão”, concebidos de alvenaria resistente com até quatro pavimentos, na Região Metropolitana do Recife. Sabe-se que essas construções foram executadas sem fundamentação tecnológica e normas técnicas pertinentes, sejam nacionais ou internacionais. Verifica-se que nessas construções, os materiais utilizados, fundamentalmente os blocos cerâmicos vazados destinados à vedação, assentados com furos na horizontal, não apresentam requisitos de desempenho necessários para serem considerados estruturais. O cálculo da resistência à compressão das paredes dos edifícios construídos com este tipo de alvenaria mostra que são insuficientes para resistir aos esforços a que se destinam, especialmente nos pavimentos inferiores. Isto significa que edifícios construídos e habitados não passam em critérios normativos de estabilidade. Faz-se assim necessário investigar aspectos próprios do processo, buscando aduzir possíveis aspectos influenciadores na resistência à compressão. Leve-se em consideração que centenas de edifícios se encontram em operação. Este trabalho tem por objetivo estudar a influência do revestimento na resistência à compressão axial das paredes de alvenaria de vedação, empregadas com função estrutural, utilizando blocos cerâmicos vazados assentados com furos na horizontal. Foram ensaiados prismas, buscando estabelecer conhecimento necessário do comportamento e intensidade da contribuição do revestimento a essa propriedade mecânica, que se mostra de extrema relevância para estabilidade da edificação. Verificou-se que a argamassa de revestimento contribui, de forma substancial, na resistência à compressão axial deste tipo de alvenaria. Desta maneira, são necessárias investigações experimentais objetivando a reabilitação destas edificações, principalmente no caso específico da Região Metropolitana do Recife, onde se têm milhares de edifícios construídos com este processo construtivo. Estima-se que o nível de risco de acidentes se encontra na faixa de

1:500, além de terem sido constatadas centenas de casos de patologias que resultaram em interdições de inúmeras edificações.

Palavras-chave: alvenaria de vedação, prédios “caixão”, alvenaria resistente, reabilitação de paredes, blocos cerâmicos de vedação.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações gerais

Na região Metropolitana do Recife, registra-se uma tradição na construção de edifícios em alvenarias, que tem origem no período colonial, constituindo assim, uma herança dos portugueses na utilização dessa prática construtiva, favorecida pela facilidade de obtenção de matéria prima.

A partir da década de 70, foi observada uma corrida monumental para a construção de edifícios populares com até quatro pavimentos, decorrente da política implantada pelo Banco Nacional de Habitação. Inicialmente, grande número de edifícios foi construído sobre pilotis onde a partir de uma grelha em concreto armado erguiam-se as estruturas em alvenaria resistente. Como reflexo das sucessivas crises financeiras que o país passou a atravessar, a partir dos anos 80, os apartamentos se condensaram e também passaram a ocupar de forma generalizada o pavimento térreo. Estes tipos de edificações tinham originalmente em torno de 100 m², passando aos atuais 50 m² de área interna construída, aproximadamente.

Os edifícios tipo “caixão”, nome este sugerido pelo seu formato, com as paredes descendo igualmente até às fundações, foram fundamentalmente formatados por aspectos sociais, políticos e econômicos. Construídos com esse processo, tem-se na Região Metropolitana do Recife, cerca de seis mil prédios, o equivalente a oito apartamentos por unidade, onde habitam cerca de 250.000,00 pessoas, compreendendo cerca de 10% da população do grande Recife.

As especificações dos materiais e os procedimentos construtivos não tiveram fundamentações embasadas em pesquisas tecnológicas e normas nacionais ou internacionais, o que resultou em dar lugar ao surgimento de futuras patologias e acidentes, OLIVEIRA [4].

Em grande número de edifícios foram utilizados blocos cerâmicos vazados de seis ou oito furos, destinados a vedação, com finalidade estrutural. As paredes foram construídas com estes blocos assentados a galga, geralmente com 9 cm de espessura e com os furos na horizontal. Verifica-se que as estruturas resultantes têm ruptura predominantemente brusca e colapso progressivo.

Na verificação das tensões atuantes, constata-se que estas paredes não satisfazem às condições de segurança, situando-se as mais solicitadas muito distantes das condições de estabilidade, especialmente nos pavimentos inferiores. Nos acidentes ocorridos, constatou-se que os colapsos se deram a partir das paredes de fundação, situadas entre as sapatas corridas de concreto armado e o nível do pavimento térreo, os denominados embasamentos, ou em elementos da superestrutura durante a fase de construção. Sabe-se que estes embasamentos eram alvenarias sem nenhum tipo de revestimento. Em geral, não se tem registro de colapsos das paredes da superestrutura durante a utilização destas edificações.

A verificação da estabilidade de paredes, em condições de projeto, por diversas razões, deve ser efetuada considerando apenas as espessuras dos blocos. Por outro lado, é um fato que estas edificações se encontram resistindo aos esforços. Depreende-se, portanto, que o revestimento tem um papel significativo na estabilidade, colaborando na resistência. Desta maneira, para o entendimento do comportamento das obras que estão executadas, é indispensável que se faça investigações acerca da contribuição da argamassa de revestimento nas resistências destas paredes.

Este trabalho apresenta resultados de ensaios de prismas de alvenaria nas condições anteriormente descritas com duas espessuras de revestimentos, considerando-se em cada caso, dois tipos de traço, além dos casos dos prismas não revestidos e apenas chapiscados.

1.2 Objetivo

Este trabalho apresenta resultados acerca da influência do revestimento na resistência à compressão das paredes de alvenaria resistente, construídas com blocos cerâmicos vazados, destinados a vedação, assentados a galga, com os furos na horizontal. Portanto, objetiva contribuir para o entendimento do nível de contribuição do revestimento na resistência mecânica, de grande relevância para a segurança deste tipo de edificação.

1.3 O revestimento como fator de influência na resistência das alvenarias.

CAVALHEIRO & MULLER [2], estudaram a influência da argamassa de revestimento em alvenarias resistentes com características semelhantes às desse trabalho, excetuando-se que, em sua pesquisa, os furos dos blocos cerâmicos são arredondados enquanto que os aqui considerados são retangulares. Naturalmente que, mantidas as dimensões externas, a diferença de geometrias dos blocos conduz a resultados diferentes tanto na forma de ruptura quanto nos valores das resistências.

Verificou-se um acréscimo de resistência média à compressão nas pequenas paredes revestidas com relação às não revestidas em 22% para as assentadas com a menor face dos blocos e 24% para as pequenas paredes assentadas com a maior face. O módulo de deformação, por sua vez, acresceu 70% para as paredes de face menor e 32% de face maior.

No decorrer deste trabalho, em entrevista realizada, ANDRADE [1] informou haver constatado a influência do revestimento no incremento da resistência à compressão das alvenarias em questão, através de ensaios em obras e laboratório.

Na mesma linha desse trabalho, OLIVEIRA e HANAI [3] realizaram experimentos concernentes à influência do revestimento na resistência à compressão axial em prismas com blocos de vedação com furos circulares, assentados na horizontal, onde verificaram numericamente que, para o mesmo material e dimensões externas, os blocos com furos circulares são mais frágeis do que os portadores de furos retangulares. Os resultados dos ensaios apresentaram um aumento substancial da resistência à compressão dos prismas. Deve-se ressaltar que os blocos empregados tinham resistência média à compressão igual a 0,3 MPa.

Os resultados mostraram que o revestimento das paredes, de modo geral, aumenta sua capacidade resistente e sua rigidez, sugerindo o seu uso em reabilitações de paredes de alvenaria.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

2.2 Cimento Portland (CP II Z 32)

As argamassas tiveram em suas composições o cimento portland CP II Z 32, fornecido em sacos de 50 kg, com as características indicadas na tabela 01.

TABELA 01 – Algumas características do cimento.

Ensaio Químicos	Normas	Resultados	Especificação Norma NBR 11578/91
Óxido de magnésio – MgO - (%)	PO 00435	2,66	≤ 6,5
Anidrido sulfúrico - SO ₃ - (%)	PO 00436	3,26	≤ 4,0
Óxido de cálcio livre - CaO (Livre) – (%)	NBR NM 13	1,44	não aplicável
Ensaio Físicos e Mecânicos	Normas	Resultados	Norma NBR 11578/91
Área específica (Blane) – (cm ² /g)	NBR NM 76	3540	≥ 2600
Massa específica – (g/cm ³)	NBR NM 23	3,04	não aplicável
Densidade aparente – (g/cm ³)	X	1,2	não aplicável
Início de pega – (h:min)	NBR NM 65	02:30	≥ 1 h
Fim de pega – (h:min)	NBR NM 65	03:40	≤ 10 h
Expansibilidade de Le Chatelier – a quente – (Mm)	NBR 11582	0,3	≤ 5

Fonte: MOTA [5].

2.1.2 Cal hidratada

Foi utilizada a cal CHI cujas características constam na tabela 02.

TABEÇA 02 – Propriedades físicas e químicas da cal hidratada CHI

Ensaio		Cal Hidratada CH I
Natureza da cal hidratada		Cálcica
Finura (% retida)	#30 (0,600 mm)	0,3
	# 200 (0,075 mm)	1,8
Densidade aparente (g/cm ³)		0,5
Umidade (%)		1,26
Anidrido Carbônico – CO ₂		2,21
Anidrido Sulfúrico – SO ₃		0,05
Sílica e resíduo insolúvel		0,84
Óxido não hidratado		7,3
CaO, não hidratado		73,72
MgO, não hidratado		0,71

2.1.3 Agregado Miúdo

Foi utilizada areia natural encontrada na Região Metropolitana do Recife. A Tabela 03 apresenta a composição granulométrica conforme a NBR 7217.

TABELA 03 – Algumas características da areia natural.

Agregado miúdo				
Peneira (mm)	Peneira (Pol/Nº)	Massa retida (g)	% Retida	% acumulada
9,5	3/8"			
6,3	1/4"	5,1	1,0	1,0
4,8	Nº 4	6,4	1,3	2,3
2,4	Nº 8	24	4,8	7,1
1,2	Nº 16	58,1	11,6	18,7
0,6	Nº 30	107,9	21,6	40,3
0,3	Nº 50	166,5	33,3	73,6
0,15	Nº 100	102,7	20,5	94,1
Total		500	100	
Dim. máxima característica (mm)			4,8	
Módulo de finura			2,36	
Massa unitária (g/cm ³) – NBR – 7251			1,17	
Massa específica (g/cm ³) – NBR 9776			2,611	
Inchamento – NBR 6467			1,3	
Teor de material pulverulento (%) – NBR 7219			2,63	
Umidade (%)			5	

2.1.4 Blocos

Foram utilizados 15 espécimes em cada amostra, para determinação da resistência à compressão e demais ensaios conforme norma e/ou literatura. Algumas características são mostradas na tabela 04.

TABELA 04 – Caracterização dos blocos.

Ensaio	Método	Resultados Médios
Dimensões: comprimento, largura e altura (cm)	NBR 6136	19,5, 9,0 e 18,9
Peso (g)	NBR 8947	2.372,83
Resistência à compressão (Mpa)	NBR 6461	2,85
IRA – Initial Rate of Absorption (g/cm ² /min)	ASTM C-67	12,53
Absorção (%)	NBR 8947*	15,8

* Adaptado para ensaio de bloco cerâmico.

2.1.5 Argamassas

As tabelas 05 e 06 apresentam algumas características das argamassas utilizadas.

TABELA 05 – Caracterização das argamassas.

Propriedades	Método	Resultados Médios	
		Argamassas	
		1:1:6	1:2:9
Consistência (mm)	NBR 7215	203	245
Densidade de massa no estado fresco (g/cm ³)	NBR 13280	1,97	1,97
Densidade de massa no estado anidro (g/cm ³)	NBR 14086	1,21	1,21
Retenção de água (papel filtro) (%)	NBR 13277	93,7	92,8
Variação de massa (%)	NBR 8490	-2,79	-4,32
Resistência compressão (MPa)	NBR 7215	9,08	4,01
Resistência à tração por compressão diametral (MPa)	NBR 7222	0,93	0,45
Densidade de massa no estado endurecido, (g/cm ³)	NBR 13280	1,89	1,81
Absorção de água por imersão (%)	NBR 9778	13,9	15,62
Retração linear (mm/m)	NBR 8490	-0,22	0,8

TABELA 06 – Composições das argamassas utilizadas

Propriedades	Método	Resultados Médios	
		Argamassas	
		1:1:6 (volume)	1:2:9 (volume)
Traço em massa	NBR 13749	1:0,38:6,82	1:0,76:10,24
Relação água/cimento	-	1,14	1,94
Água/materiais Secos	-	0,15	0,17

2.3 Metodologia

Os prismas foram constituídos de três unidades, para melhor representarem a parede. Foram estudadas seis amostras formadas por 15 réplicas cada, havendo os seguintes tratamentos:

- prismas nus;
- prismas com chapisco nas duas faces;
- prismas com chapisco e revestimento de 2,0 cm ± 2,0 mm de espessura, nas duas faces;
- prismas com chapisco e revestimento de 3,0 cm ± 3,0 mm de espessura nas duas faces.

As argamassas de assentamento e revestimento tiveram os seguintes traços:

- 1:3 (cimento e areia) em volume e 1:3,23 em massa, para o chapisco;

- 1:2:9 (cimento, cal e areia) em volume, para revestimento, sendo considerado traço fraco;
 - 1:1:6 (cimento, cal e areia) em volume, para revestimento e assentamento, sendo considerado traço médio.
- É oportuno efetuar as seguintes considerações:
- foram fabricadas fôrmas de madeira para servirem de gabarito para aplicação do revestimento;
 - a cura foi realizada ao ar ambiente, protegido das chuvas;
 - os ensaios dos prismas se deram após os 28 dias, sendo os demais ensaios, conforme especificações de normas e/ou literatura;
 - a aplicação da argamassa de revestimento com 3 cm de espessura foi efetuada em duas camadas de aplicação;
 - optou-se pelo método B da norma NBR 8215 em seu item 1.2 que recomenda o método para determinação da resistência à compressão de alvenarias, através de prismas nas condições de obra, com os mesmos materiais e mão-de-obra que são comumente usados;
 - os prismas foram transportados cuidadosamente do local de fabricação para o interior do laboratório, empregando talas de madeira, seguindo rigorosamente os cuidados prescritos na NBR 8215.

3 RESULTADOS

A Tabela 07 apresenta algumas características dos prismas de alvenaria de blocos cerâmicos. Identifica-se com P1 os prismas nus; P2 prismas com chapisco nas duas faces; P3 prismas chapiscados e revestidos nas duas faces, com 2,0 cm de espessura e traço fraco; P4 prismas chapiscados e revestidos nas duas faces, com 2,0 cm e traço médio; P5 prismas chapiscados e revestidos nas duas faces com 3,0 cm, empregando-se traço fraco e P6, prismas chapiscados e revestidos nas duas faces com 3,0 cm, traço médio.

TABELA 07 – Algumas características dos prismas cerâmicos.

Características	Prismas (Valores Médios)					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Peso (Kg)	10,6	11,7	19,4	18,9	26,3	35,1
Permeabilidade à água com o uso de cachimbo (maior valor medido em 15 minutos de contato) – Método: CSTC - Centre Scientifique et Technique de la Construcion	-	-	4,00	2,45	2,4	2,75
Resistência de aderência à tração da argamassa de revestimento (MPa) – Método: NBR 13528	-	-	0,22	0,36	0,31	0,39

A Tabela 08 apresenta os resultados dos ensaios dos prismas, conforme NBR 8215.

TABELA 08 – Resistência à compressão dos prismas.

Prisma	Resultados - Tensão MPa			Incrementos	
	Média (MPa)	D. Padrão (MPa)	COV (%)	No valor médio (%)	No valor característico (%)
P1*	1,96	0,18	9,18	-	-
P2*	2,23	0,22	9,87	13,78	12,65
P3*	3,38	0,25	7,42	72,45	78,92
P4*	4,53	0,39	8,69	131,12	134,34
P5*	3,51	0,36	10,26	79,08	75,90
P6*	4,66	0,61	13,1	132,76	120,48

*De acordo com a identificação da tabela 07.

Nas Figuras 1 a 3, são mostrados as formas de rupturas típicas para cada grupo de prismas.

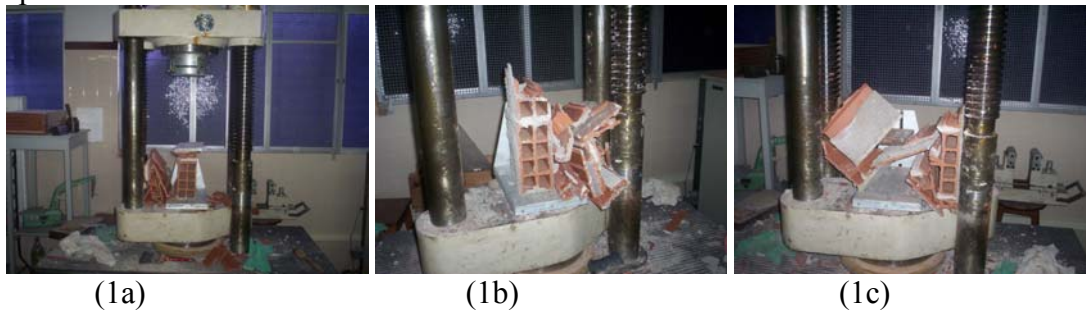


Fig. 1 - Formas de ruptura dos prismas sem revestimento (1a) e chapiscados (1b e 1c).

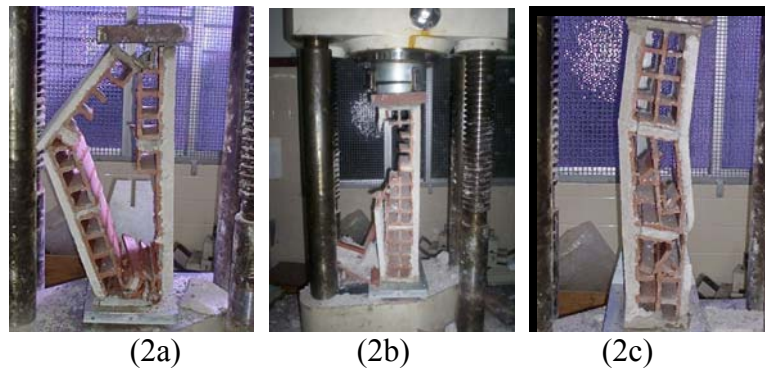


Fig. 2 - Formas de ruptura dos prismas com revestimento de 2 cm.

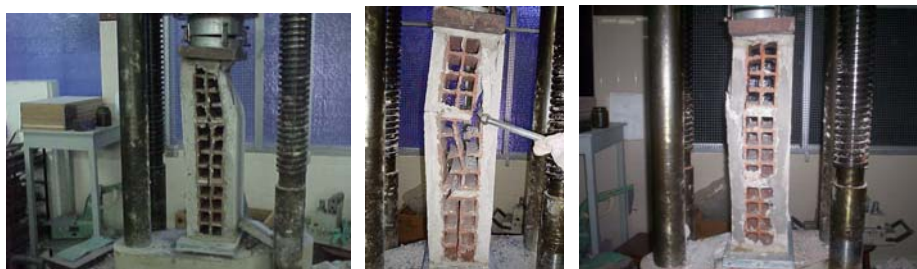


Fig. 3a Fig. 3b Fig. 3c
Fig. 3 - Formas de ruptura dos prismas com revestimento de 3 cm.

4 CONCLUSÕES

A análise dos resultados e as observações das rupturas dos corpos de prova durante os ensaios, conduzem às seguintes conclusões:

- os prismas não revestidos e os chapiscados tiveram ruptura brusca;
- nos prismas revestidos com 2,0 cm de espessura, observou-se a ruptura dos septos horizontais dos blocos ligados à argamassa de assentamento, ocasionando o desequilíbrio. A argamassa de assentamento deixou de estar triaxialmente comprimida, gerando deslocamentos laterais excessivos, com ruptura da camada da argamassa de revestimento nesta região;
- os prismas com revestimento de 3,0 de espessura, após ruptura dos septos horizontais dos blocos por tração, tiveram a capa de revestimento rompida por cisalhamento;
- vários estalos foram ouvidos, devidos aos rompimentos progressivos dos septos;
- verificou-se um aumento na resistência à compressão, de acordo com o aumento da espessura da camada de revestimento e com o enriquecimento de seu traço;
- pode-se inferir que, sob as mesmas hipóteses, quanto menor for a resistência do bloco, maior será a influência da argamassa de revestimento na resistência à compressão da alvenaria;
- o revestimento comportou-se aderente em todo processo do ensaio, não se observando descolamento.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às empresas TECOMAT – Tecnologia da Construção e Materiais e Quartzolit Weber, pela utilização de seus laboratórios para realização de alguns ensaios. Agradecem também à CEBEL – Cerâmica Boa Esperança pelo fornecimento dos blocos e à ULTRA – Distribuidora Materiais de Construção, pelo fornecimento da cal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ANDRADE, J. C. X. **Entrevista concedida a João Manoel de Freitas Mota.** Recife, julho de 2005.
- [2] CAVALHEIRO, O. P. & MULLER L. E. **Comportamento de pequenas paredes de blocos cerâmicos de vedações comuns submetidos à compressão axial: Influência do revestimento e correlações com as resistências de prismas e de unidades.** UFSM, Santa Maria, 1991.
- [3] OLIVEIRA, F. L. & HANAI, J. B. **Análise do Comportamento de paredes de alvenaria construídas com blocos cerâmicos de vedação.** VII International seminar on Structural Mansoury for Developing Countries, Belo Horizonte, 2002.
- [4] OLIVEIRA, R. A. **Notas de Aulas da Disciplina de Alvenaria Estrutural – Mestrado de Estruturas,** UFPE – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.
- [5] MOTA J. M. F, et al. **Análise das propriedades de concretos dosados com cimento Portland cinza e cimento branco, aditivo policarboxilatos e a fração graúda de uma composição granulométrica ternária.** In: Instituto Brasileiro do Concreto, 2005. Recife. *Anais.* Recife: IBRACON.