

A INFLUÊNCIA DA ARGAMASSA DE REVESTIMENTO COM SAIBRO NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO EM PRISMAS DE ALVENARIA RESISTENTE DE BLOCOS CERÂMICOS

THE INFLUENCE OF OVERLAY MORTAR WITH CLAYEY SAND ON THE COMPRESSION STRENGTH IN PRISMS OF CERAMIC BLOCKS OF NONSTRUCTURAL MASONRY WALLS

R. A. Oliveira (1); A. A. C. Azevedo (2); W. Amorim R. (3) e J. M. F. Mota (4)

(1) Professor Titular, Universidade Católica de Pernambuco, Rua Caio Pereira, 226, CEP: 52041-010, Rosarinho, Recife-PE, romildealmeida@gmail.com

(2) Aluno da Graduação de Engenharia Civil, Universidade Católica de Pernambuco, antoni_1184@yahoo.com.br

(3) Mestrando em Engenharia Civil, Universidade Católica de Pernambuco, pavimentorigido@yahoo.com.br

(4) Doutorando em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Rua Zenóbio Lins, 50, CEP: 50.711-300, Recife, PE joao@vieiramota.com.br

Resumo

Este trabalho tem como objetivo estudar a influência da argamassa de revestimento, contendo saibro em sua composição, na resistência à compressão prismas de alvenaria resistente, constituída de blocos vazados destinados a vedação, assentados com furos na horizontal. A partir da década de 70, milhares de edifícios tipo “caixão” com até quatro pavimentos foram construídos com alvenaria de vedação assumindo função estrutural. Nestas edificações, foram utilizadas em sua maioria, argamassas de assentamento e revestimento compostas de cimento, areia e saibro. O saibro utilizado neste trabalho, em ensaios de caracterização, apresentou-se como um solo predominantemente arenoso (83% de areia), não plástico. Vale ressaltar que o saibro encontrado na Região Metropolitana do Recife é predominantemente heterogêneo, sendo o material empregado nessa pesquisa adquirido em armazém, de forma aleatória, seguindo os procedimentos usuais de utilização. Estão em desenvolvimento pesquisas no Recife, objetivando entender como se comportam essas alvenarias. As paredes dos edifícios construídos com essa prática se mostram insuficientes para resistir aos esforços a que se destinam. Tem-se um passivo de cerca de 6000 edifícios construídos e habitados, que não satisfazem aos critérios normativos. Essas construções foram executadas sem fundamentação técnica adequada, com o emprego de materiais, mais especificamente os blocos cerâmicos, que não apresentam

requisitos de desempenho necessários para serem considerados estruturais e projetados sem detalhes próprios dos procedimentos empregados em alvenaria estrutural. Com o objetivo de compreender o comportamento das paredes assim construídas, foram ensaiados prismas nus e revestidos. Verificou-se que a argamassa de revestimento contribui substancialmente para a resistência à compressão das alvenarias. Os resultados obtidos contribuem para o objetivo maior da pesquisa que é o de desenvolver métodos para reabilitação destes tipos de edificações.

Palavras-chave: prédios “caixão”, alvenaria estrutural, alvenaria resistente, alvenaria, blocos cerâmicos

Abstract

This paper has the aim to study the influence of the overlay mortar with clayey sand in its composition, in the strength to the axial compression in prisms of resistant masonry, made of hollow blocks, laid with horizontal holes. It's known that, since the 70s, millions of buildings with up to four pavements were built with no structural masonry walls as structural function. On most of those buildings, overlay and established mortars were used, made by cement, sand and clayey sand. The clayey sand used in tests was presented as a soil with 83% of sand, not plastic. It's important to point out that the clayey sand found in the Metropolitan Area of Recife is mainly heterogeneous, and the material used throughout this research was bought in a warehouse, at random, following the common procedure of usage. Many researches are taking place in the Metropolitan Area of Recife, with the aim of understanding the way the masonry works. The walls of the buildings built with this practice have not the required strength to the efforts that they have to face. There are about 6000 buildings that are not following the correct procedure. These buildings were built without proper technical grounds, with materials – especially ceramic blocks – which don't have enough requirements to be considered structural and, moreover, projected without proper procedure details of structural masonry. Aiming to understand the behaviour of the walls built with this procedure, tests were made with non-covered and covered prisms. We found out that the overlay mortar greatly contributes in the strength to the axial compression of masonries. The results contribute to the greatest aim of this research, which is the development of renovation methods to this kind of buildings.

Keywords: buildings “caixão”, structural masonry, non-structural masonry, masonry, ceramic blocks

INTRODUÇÃO

Considerações iniciais

Diversos edifícios tipo “caixão” foram erguidos na Região Metropolitana do Recife a partir da década de 70. Sabe-se que esses edifícios, com até quatro pavimentos, foram construídos sem fundamentação técnica e que foram empregados materiais e processos sem controle adequado para atenderem funções estruturais.

Em sua maioria, os edifícios foram construídos com blocos cerâmicos vazados com seis ou oito furos, assentados com os furos na horizontal, geralmente com 9 cm de espessura. Os blocos destinados à vedação foram, no entanto, empregados com função estrutural. As argamassas de assentamento e revestimento foram constituídas de cimento e areia, cimento, cal e areia ou cimento, saibro e areia. Neste trabalho será dado especial enfoque as argamassas de revestimento deste último tipo.

Estima-se que exista cerca de 6.000 edifícios tipo “caixão”, na Grande Recife, onde abrigam cerca de 250.000 pessoas, compreendendo 10% da população, OLIVEIRA [9].

Devido á forma como foram construídos, seria inevitável o aparecimento de patologias diversas. Nas últimas décadas vêm sendo observados inúmeros casos de manifestações patológicas, tendo como resultados onze acidentes bruscos, dezenas de blocos interditados, havendo, inclusive vários casos de demolições. As análises das paredes mais carregadas que constituem a superestrutura, não atendem às exigências de segurança estabelecidas pelas normas técnicas pertinentes. Entretanto, edificações com mais de 30 anos de serviço continuam em operação, MOTA; OLIVEIRA, [7].

Entretanto, constatou-se em vários sinistros que os edifícios colapsados tiveram como sua causa principal, a deterioração das paredes de fundação situadas acima das sapatas corridas de concreto, devido a causas extrínsecas, fundamentalmente, a agressividade das águas do subsolo concomitantemente com os materiais de qualidade inferior à mínima exigida. Como caso representativo, pode-se considerar o laudo técnico relativo ao Edifício Aquarela, colapsado em 1997, OLIVEIRA [10].

No uso destas alvenarias existe uma contradição inerente: são alvenarias de vedação tendo, no entanto, função estrutural. Por ser de vedação, se não houvesse razões especiais, não faria sentido pesquisar a sua resistência mecânica. Compreende-se assim porque praticamente não se têm na literatura publicações que forneçam informações acerca do seu comportamento estrutural.

Se forem efetuadas verificações da resistência das paredes sem consideração do revestimento, como recomendam as normas de alvenaria estrutural, estes edifícios não satisfazem às condições de estabilidade. No entanto, têm-se milhares em operação, apesar de estarem submetidos a uma elevada margem de risco, tendo em vista o grande número de patologias, interdições e

desabamentos ocorridos. A explicação encontrada para esta estabilidade aparente é a presença dos revestimentos de argamassa. Pesquisas em andamento, que fazem parte do projeto “Desenvolvimento de modelos para recuperação de edifícios construídos com alvenaria resistente”, financiado pela FINEP, têm revelado através de ensaios e de análise computacional via elementos finitos que, de fato, a capa de revestimento tem um importante papel na resistência destas paredes.

Objetivo

Este trabalho tem por objetivo apresentar resultados acerca da influência do revestimento constituído de argamassa de cimento, saibro e areia na resistência à compressão de prismas de alvenaria resistente, construídos com blocos cerâmicos vazados destinados a vedação, assentados à galga, com os furos retangulares na horizontal.

O revestimento como fator de influência na resistência de paredes resistentes

Cavalheiro e Muller [2] e Oliveira e Hanai [8], verificaram através de estudos experimentais que a argamassa de revestimento com cimento, cal e areia incrementa a resistência à compressão e a rigidez de paredes de alvenaria resistente de blocos cerâmicos com furos circulares.

Mota [5], Mota; Araújo Neto e Oliveira [6] e Mota e Oliveira [7], estudaram a influência da argamassa de revestimento na resistência à compressão em alvenarias resistente de blocos cerâmicos com furos retangulares. Como principais resultados, verificaram-se, a saber: os prismas não revestidos tiveram rupturas bruscas; houve um aumento na resistência à compressão de acordo com o aumento da espessura da camada de revestimento e, de forma substancial, com o enriquecimento do traço. Esse incremento (na força) ficou entre 176%, para o revestimento com 2 cm de espessura e traço 1:2:9 até, 322%, para o revestimento com 3 cm de espessura e traço 1:1:6; sob as mesmas hipóteses, quanto menor for a resistência do bloco, maior será, em termos percentuais, a influência da argamassa de revestimento na resistência à compressão da alvenaria; a relação da resistência do prisma e a do bloco (fator de eficiência) foi de 0,69.

1 MATERIAIS

1.1 Cimento Portland

As argamassas tiveram em suas composições o cimento portland CP II Z 32. As características estão indicadas na Tabela 01.

Tabela 01 – Algumas características do cimento

| Ensaio Químico | 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 – Cão (Livre) – (%) | NBR NM 13 | 1,44 | não aplicável |
| Ensaio Físico e Mecânico | 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: Fabricante

1.2 Saibro

A NBR 13529 – Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas, define o saibro como sendo um solo proveniente de granitos e gnaisses, com minerais parcialmente decompostos, sendo arenoso ou siltoso, com baixo teor de argila e de cor variada.

A maioria dos saibros nacionais possui a caulínica como principal argilomineral, MATTOS [3].

Na Região Metropolitana do Recife, usou-se amplamente o saibro sem qualquer controle tecnológico nas argamassas de assentamento e de revestimento.

A utilização desse material tem o propósito de contribuir com a plasticidade às argamassas, gerando uma satisfatória trabalhabilidade. Outros benefícios que as argamassas mistas à base de cal fornecem, tais como retenção de água, aderência, retração, deformação, resiliência e maior durabilidade podem ser questionados no caso do saibro, CASCUDO; CARASEK [1].

Segundo Mondardo; Kindlein e Camargo [4], o saibro adequado para ser empregado em argamassas deve conter no máximo 30% de argila e, no mínimo 20% de areia.

Algumas amostras de jazidas localizadas na Região Metropolitana do Recife são mostradas nas Figuras de 1 a 4.



Figura 1



Figura 2



Figura 3



Figura 4

Figuras 1, 2, 3 e 4 – Jazidas situadas no entorno da Região Metropolitana do Recife

O saibro utilizado apresentou as características mostradas na Tabela 02.

Tabela 02 – Ensaio de caracterização do saibro

| Amostra | Saibro |
|--|---------------|
| Argila (%) | 9,9 |
| Silte (%) | 7,1 |
| Areia (%) | 83 |
| Pedregulho (%) | 0,0 |
| Limite de Liquidez | NL |
| Limite de Plasticidade | NP |
| Teor de Umidade | 0,3 |
| Massa específica γ_d (g/cm ³) | 2,653 |

Vale ressaltar que, na Região Metropolitana do Recife, encontram-se saibros com teores de argila e silte maiores, levando, portanto, à necessidade de adequação do traço para uma mesma trabalhabilidade desejada.

1.3 Agregado Miúdo

A areia natural utilizada apresentou as propriedades indicadas na Tabela 03.

Tabela 03 – Características da areia natural

| Agregado miúdo | | | | |
|--|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------------------|
| Peneira (mm) | Peneira (Pol/Nº) | Massa retida (g) | % Retida | % Acumulada |
| 9,5 | 3/8" | | | |
| 6,3 | 1/4" | | | |
| 4,8 | Nº 4 | 4,2 | 0,84 | 1,0 |
| 2,4 | Nº 8 | 17,3 | 3,46 | 4,0 |
| 1,2 | Nº 16 | 30,0 | 6,0 | 11,0 |
| 0,6 | Nº 30 | 53,0 | 10,6 | 22,0 |
| 0,3 | Nº 50 | 157,8 | 31,56 | 54,0 |
| 0,15 | Nº 100 | 207,4 | 41,48 | 95,0 |
| Fundo | | 30,3 | 6,06 | 100 |
| Dimensão máxima característica (mm) | | | | 2,4 |
| Módulo de finura | | | | 2,87 |
| Massa unitária (g/cm ³) – NBR – 7251 | | | | 1,48 |
| Massa específica (g/cm ³) – NBR 9776 | | | | 2,63 |
| Inchamento – NBR 6467 | | | | 1,3 |
| Umidade (%) – NBR 6467 | | | | 2,89 |

1.4 Blocos

Foram utilizadas quinze unidades para determinação da resistência à compressão. Algumas características são apresentadas na Tabela 04.

Tabela 04 – Caracterização dos blocos

| Ensaio | Método | Resultados Médios |
|--|---------------|--------------------------|
| Dimensões: | | |
| comprimento, largura e altura (cm) | NBR 6136 | 19,23; 9,23 e 19,15 |
| Massa (g) | NBR 8947 | 2.127,66 |
| Resistência à compressão | | |
| (MPa) | NBR 6461 | 2,15 |
| IRA – Taxa inicial de | | |
| absorção (g/177,5cm ² /min) | ASTM C-67 | 7,41 |
| Absorção (%) | NBR 8947* | 13,32 |

* adaptado para ensaio de bloco cerâmico.

2 METODOLOGIA

Foram analisados três tipos de prismas, sendo ensaiadas quinze amostras para cada um dos tipos, com os seguintes tratamentos:

- Primas nus;
- Prismas com chapisco (0,5 cm) e revestimento de 1,5 cm de espessura, nas duas faces;
- Prismas com chapisco (0,5 cm) e revestimento de 3,0 cm de espessura, nas duas faces.

As argamassas de assentamento e revestimento tiveram os seguintes traços:

- 1:1:7 (cimento, saibro e areia) em volume, para argamassa de assentamento;
- 1:3 (cimento e areia), em volume, para chapisco;
- 1:3:5 (cimento, saibro e areia), em volume, para argamassa de revestimento.

A cura foi realizada ao ar, em ambiente protegido das chuvas. Os ensaios dos prismas se deram após 28 dias. Optou-se pelo método B recomendado pela norma NBR 8215 em seu item 1.2, para determinação da resistência à compressão de alvenarias, através de prismas executados nas

condições de obra, com os mesmos materiais e mão-de-obra que são comumente usados. Foram fabricadas fôrmas de madeira para servirem de gabaritos na aplicação do revestimento. A espessura das juntas da argamassa de assentamento foi fixada em 1 cm de espessura. A boa trabalhabilidade definiu a quantidade de água das argamassas e teve o seu consumo determinado.

3 RESULTADOS

A Tabela 05 apresenta as resistências das argamassas obtidas nos ensaios.

Tabela 05 – Caracterização das argamassas

| Propriedades | Método | Resultados Médios | |
|---|----------|-------------------|-------|
| | | Argamassas | |
| | | 1:1:7 | 1:3:5 |
| Resistência à compressão (MPa) | NBR 7215 | 5,37 | 5,40 |
| Resistência à tração por compressão diametral (MPa) | NBR 7222 | 1,04 | 0,7 |

A Tabela 06 apresenta algumas características dos prismas. Identificam-se como P1 os prismas nus; P2 os prismas chapiscados e revestidos nas duas faces, com 1,5 cm de espessura e por P3, os prismas chapiscados e revestidos nas duas faces com 3 cm de espessura.

Tabela 06 – Características dos prismas cerâmicos

| Características | Prismas (Valores Médios) | | |
|--|--------------------------|--------|--------|
| | P1 | P2 | P3 |
| Amostras | | | |
| Massa (g) | 7.400 | 14.300 | 20.000 |
| Resistência à compressão dos prismas (MPa) | 1,03 | 2,20 | 2,49 |

A Tabela 07 apresenta os resultados dos incrementos na resistência à compressão mostrada nos ensaios dos prismas devido à influência das argamassas de revestimento, conforme determina a NBR 8215.

Tabela 07 – Resistência à compressão dos prismas

| Prismas | Força média na ruptura | | | Incremento |
|---------|------------------------|-----------|-------|--------------------|
| | Média | D. Padrão | COV | (%) |
| | (kN) | (kN) | (%) | No valor médio (%) |
| P1 | 18,34 | 2,32 | 12,65 | - |
| P2 | 51,80 | 5,70 | 11,00 | 182,44% |
| P3 | 72,82 | 6,41 | 8,81 | 297,05% |

Nas Figuras 5 a 7 são mostradas as formas finais de rupturas típicas para cada grupo de prismas.

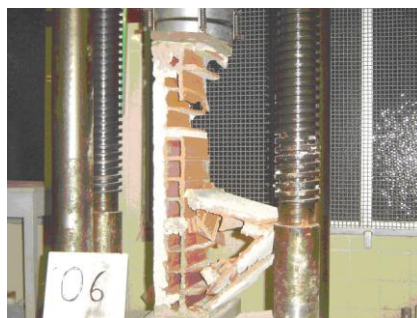


(5a)

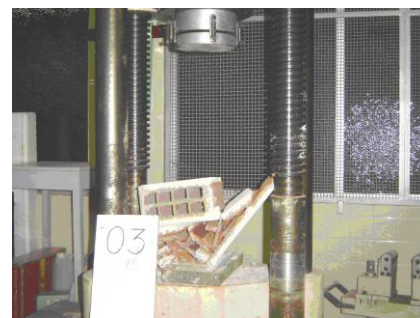


(5b)

Figura 5 – Formas finais de ruptura dos prismas sem revestimentos



(6a)



(6b)

Figura 6 – Formas finais de ruptura dos prismas com revestimento de 1,5 cm

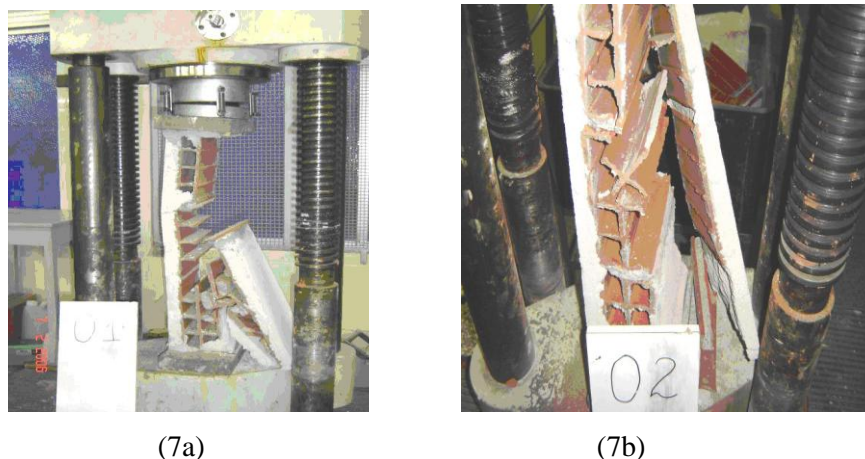


Figura 7 – Formas finais de ruptura dos prismas com revestimento de 3 cm

CONCLUSÕES

A análise dos resultados, as observações das rupturas dos corpos de prova durante os ensaios e, posteriormente, amplo estudo das fotos e filmes em câmera lenta, levaram às seguintes conclusões:

- os prismas não revestidos apresentaram ruptura brusca;
- o colapso tem início com a ruptura dos septos horizontais dos blocos. Logo após a ruptura dos septos separados pela argamassa de assentamento, dá-se o desequilíbrio do conjunto;
- verificou-se aumento na resistência à compressão, com o aumento da espessura da camada de revestimento e fundamentalmente do traço (resistência da capa do revestimento);
- sob as mesmas hipóteses, quanto menor for a resistência do bloco, maior será, em termos percentuais, a influência da argamassa de revestimento na resistência à compressão da alvenaria.
- a resistência dos prismas depende da espessura, da resistência à compressão e da aderência das argamassas de revestimento;
- vários estalos foram ouvidos, devidos aos rompimentos progressivos dos septos. Sons similares foram relatados por moradores de edifícios colapsados;

6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos e ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e ao Tecnológico - Brasil - pelo apoio financeiro

concedido através do Edital MCT/FINEP/FVA-HABITARE-02/2004, Convênio nº. 01.04.1050.00, que tornou possível a pesquisa da qual este trabalho faz parte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CASCUDO, O. & CARASEK, H. **O saibro nas argamassas de assentamento – estudo de trabalhabilidade e comportamento no estado endurecido – Parte I.** 5th International Seminar on Structural Masonry for developing countries. Florianópolis – Brazil, 1994.
- [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] MATTOS, Ludmila R. S. **Identificação e caracterização das argamassas para revestimento externo utilizadas na cidade de Belém – PA.** Dissertação de Mestrado. UFRGS. Porto Alegre, 2001.
- [4] MONDARDO, M. M.; KINDLEIN, T. & CAMARGO, J. W. **Resistência à compressão de prismas com argamassa de cimento cal e areia e cimento saibro e areia.** 5th International Seminar on Structural Masonry for developing countries. Florianópolis – Brazil, 1994.
- [5] MOTA, J. M. F. **Influência da Argamassa de Revestimento na Resistência à Compressão Axial em Prismas de Alvenaria Resistente de Blocos Cerâmicos.** Dissertação de Mestrado. UFPE – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2006.
- [6] MOTA, J. M. F.; ARAÚJO G. N. & OLIVEIRA, R. A. **Influência da argamassa de Revestimento na Resistência à Compressão Axial em Prismas de Alvenaria Resistente de Blocos Cerâmicos.** XXXII Jornada Sulamericanas de Engenharia Estrutural. UNICAMP, Campinas – SP, 2006.
- [7] MOTA, J. M. F. & OLIVEIRA, R. A. **Formas de ruptura em prismas de Alvenaria resistente de blocos cerâmicos.** II Congresso Brasileiro de pontes e estruturas, Rio de Janeiro, 2007.
- [8] OLIVEIRA, F. L. & HANAI, J. B. **Análise do comportamento de paredes de alvenaria construídas com blocos cerâmicos de vedação.** VII International seminar on Structural Masonry for Developing Countries, Belo Horizonte, 2002.
- [9] OLIVEIRA, R. A. **Notas de Aulas da Disciplina de Alvenaria Estrutural – Mestrado de Estruturas,** UFPE – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.
- [10] _____. **Laudo Técnico: Causas do Desabamento do Edifício Aquarela.** Jaboatão dos Guararapes – PE, 1997.