

ESTUDO DE DIFERENTES GEOMETRIAS DE BLOCOS ESTRUTURAIS CERÂMICOS

Marcus Daniel Friederich dos Santos
Avenida Independência, 2293, bloco 51 sala 5116
CEP. 96815-900 – Santa Cruz do Sul - RS
marcusds@unisc.br
Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC
Milene Carvalho
Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC
Mauro José Friederich dos Santos
Egon Vettorazi
Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC

RESUMO

O objetivo deste trabalho é buscar o maior potencial construtivo de diferentes geometrias de blocos estruturais cerâmicos. Considerou-se, neste estudo, o tipo dos furos (retangulares ou arredondados), a disposição dos furos na secção transversal, a influência da área líquida sobre a área bruta e as espessuras das paredes dos blocos, mantendo as medidas externas de 14 x 19 x 29 cm. Para produção dos blocos foi realizado estudo das argilas e, posteriormente, produzido oito diferentes geometrias de blocos. Na parte experimental das unidades foram realizados ensaios de compressão, dimensional, IRA, absorção, e módulo de elasticidade. Paralelo a estes ensaios foi realizada análise numérica através do Método dos Elementos Finitos, admitindo-se um comportamento elástico-linear dos materiais envolvidos, com a utilização do programa computacional ANSYS. Com base na análise dos resultados, foi definido o bloco com melhor desempenho aliando resistência, geometria favorável à utilização na obra e custos de produção.

Palavras-chave: Bloco cerâmico, resistência à compressão, elementos finitos, geometria, custo de produção

INTRODUÇÃO

O uso da alvenaria estrutural de blocos aumentou muito no Brasil nas últimas três décadas. O seu emprego hoje não se restringe somente a “construções populares”. Atualmente desponta como uma alternativa técnica e economicamente viável para o grande déficit habitacional existente no Brasil. Isto se deve às pesquisas que ocorrem desde nas últimas décadas, sendo refletido pelo número de eventos e publicações sobre o assunto que está ocorrendo nos últimos anos.

Todavia há a necessidade de continuar realizando estudos para caracterização dos materiais, devido à grande variabilidade e condições específicas do Brasil.

OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo principal estudar o comportamento mecânico de diferentes geometrias de blocos estruturais, procurando aliar desempenho estrutural com custos de produção.

METODOLOGIA

A proposta deste trabalho foi estudar diferentes geometrias de bloco, para isto o programa experimental abrangeu ensaio das unidades à compressão e medida do módulo de elasticidade de diferentes geometrias dos blocos, buscando ter subsídios para programa de elementos finitos.

Os ensaios em blocos foram conduzidos até ruptura para que, através dos parâmetros obtidos, ou seja, medição dos deslocamentos, distribuição das tensões, deformações e modo de ruptura, possibilitasse a comparação de comportamento e resistência entre as diferentes formas geométricas analisadas.

Com a finalidade de avaliar o comportamento dos blocos, através de um mapeamento de tensões sob compressão axial, realizou-se uma análise através do Método dos Elementos Finitos, com a utilização de um programa computacional.

A análise numérica realizada baseou-se num comportamento elástico-linear dos materiais.

Os blocos cerâmicos estudados foram produzidos em uma cerâmica parecida, sendo que a argila utilizada na produção de todos os blocos tinha a mesma constituição.

A matéria prima utilizada na produção dos blocos para os testes era composta de 4 tipos de argilas retiradas de diferentes jazidas, sendo armazenadas em camadas que formavam a composição da mistura. Estas argilas ficavam em um local denominado de estoque, por um período de 1 ano.

A geometria básica adotada para todos os blocos deste estudo é prismática, de secção retangular com dois ou três furos principais, conforme a maioria dos blocos utilizados no Brasil.

A escolha e definição das geometrias estudadas foram baseadas na possibilidade de variar a área líquida e secções transversais que facilitem a transferência de esforços, proporcionando um fator de eficiência maior em relação ao prisma e pequena parede. Foram também realizadas simulações no software de elementos finitos para observar pontos de possíveis concentrações de tensões.

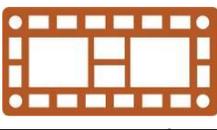
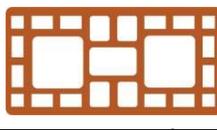
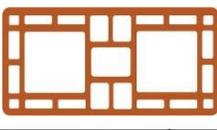
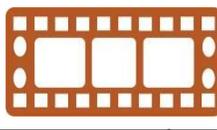
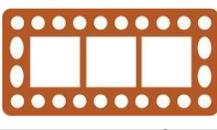
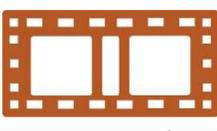
Outro fator que influenciou na decisão de produzir estas geometrias foi o contato com os fabricantes de blocos, estudando viabilidade de fabricação, sendo que alguns modelos foram abandonados no início do trabalho em função do processo de secagem e queima utilizado nas cerâmicas atualmente.

Foram produzidos 2.500 blocos para cada uma das geometrias propostas, buscando ter um estoque que possibilite a realização dos ensaios previstos no projeto.

Para cada geometria de bloco foram realizados ensaios absorção de água, cálculo de área bruta e área líquida, sucção inicial, resistência à compressão e a tração de blocos.

Na Tabela I estão alguns dados que caracterizam cada um dos blocos previamente definidos para este trabalho.

Tabela I - Peso, área bruta, área líquida e absorção de água obtida para cada geometria de bloco.

Bloco Modelo 1 (13,39 x 27,80 cm)		Bloco Modelo 2 (13,68 x 28,26 cm)	
Peso: 5,060 Kg	Absorção: 8,60%	Peso: 5,750 Kg	Absorção: 9,21%
			
Área bruta	372,24 cm ²	Área bruta	386,59 cm ²
Área líquida	134,38 cm ²	Área líquida	154,63 cm ²
Área líquida/ bruta	0,361	Área líquida/ bruta	0,400
Bloco Modelo 3 (13,89 x 28,96 cm)		Bloco Modelo 4 (28,19 x 13,56 cm)	
Peso: 6,030 Kg	Absorção: 9,35%	Peso: 6,970 Kg	Absorção: 8,76%
			
Área bruta	402,25 cm ²	Área bruta	382,25cm ²
Área líquida	160,90 cm ²	Área líquida	184,63 cm ²
Área líquida/ bruta	0,400	Área líquida/ bruta	0,483
Bloco Modelo 5 (13,53 x 28,18 cm)		Bloco Modelo 6 (13,95 x 28,90 cm)	
Peso: 6,900 Kg	Absorção: 8,80%	Peso: 6,640 Kg	Absorção: 8,30%
			
Área bruta	381,27cm ²	Área bruta	403,15 cm ²
Área líquida	181,48 cm ²	Área líquida	197,54 cm ²
Área líquida/ bruta	0,476	Área líquida/ bruta	0,490
Bloco Modelo 7 (14,03 x 28,92 cm)		Bloco Modelo 8 (14,21 x 29,21 cm)	
Peso: 7,700 Kg	Absorção: 8,77%	Peso: 9,740 Kg	Absorção: 8,80%
			
Área bruta	405,76 cm ²	Área bruta	415,07 cm ²
Área líquida	215,05 cm ²	Área líquida	257,34 cm ²
Área líquida/ bruta	0,530	Área líquida/ bruta	0,620

O índice de absorção de água ficou entre 8,30 a 9,35%, sendo que a NBR 15:270:2005 especifica que os blocos devem estar entre 8,0 e 22,0%.

Em relação ao ensaio de resistência à compressão, foram rompidos 24 blocos para cada geometria, obtendo os valores no gráfico a seguir.

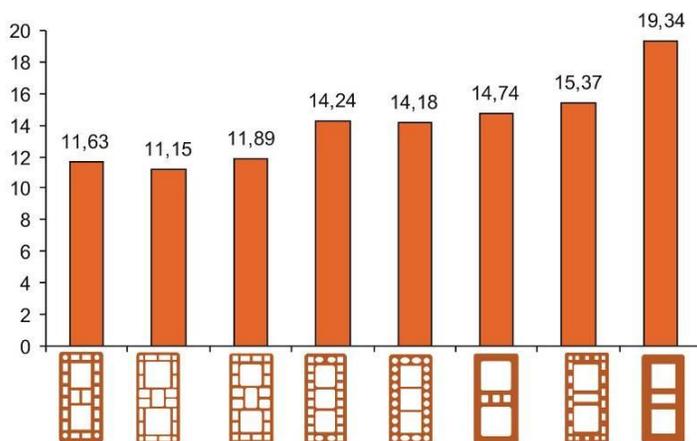


Gráfico 1: Resistência à compressão dos blocos na área bruta (MPa).

Considerado a área líquida no cálculo da resistência à compressão do bloco, os resultados obtidos estão na Tabela II.

Tabela II - Resistência em MPa dos blocos na líquida.

	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4	Bloco 5	Bloco 6	Bloco 7	Bloco 8
Resistência	32,21	27,87	28,73	29,48	29,79	30,08	29,00	30,87
DP	1,876	1,289	1,735	1,320	1,640	1,880	1,613	3,209
CV(%)	16,1	11,6	14,6	9,30	11,6	12,8	10,5	16,6

Quando o cálculo da resistência à compressão é realizado levando em consideração a área líquida, observa-se que os blocos têm as resistências próximas, tendo o bloco 1 como o que apresentou melhor desempenho, por ser o que tem menor área líquida. Se o processo de fabricação, secagem e queima for bem controlado, na produção das diferentes geometrias, a tendência é que, quando calculada a resistência à compressão na área líquida, os resultados sejam muito próximos.

Com o apoio do pessoal da cerâmica foram coletados dados para serem levantados os custos de produção das diferentes geometrias de blocos. Neste estudo foi levado em consideração o custo da argila, da mistura, da extrusão, da secagem e da queima dos blocos. Estão inclusos, na compilação destes custos, a de mão de obra, combustível e madeira para queima dos blocos. No gráfico 2 está o custo de produção de cada bloco, sendo que nestes valores não estão incluídos a margem de lucro, itens inseridos no momento de compilar os valores de venda.

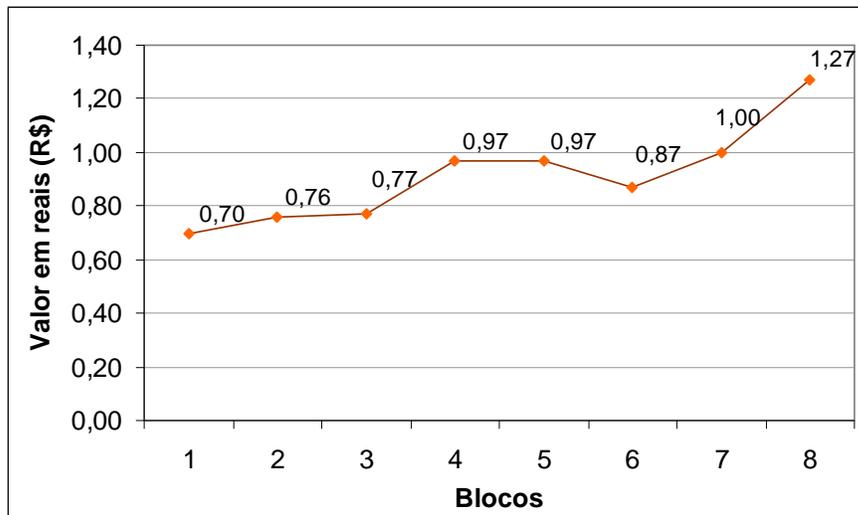


Gráfico 2 – Custo de produção dos blocos testados.

Foram também realizados testes de tração nos oito blocos estudados, conforme Figura 1.



Figura 1 - Detalhe do ensaio de tração.

A seguir estão os resultados obtidos nos oito modelos de blocos estudados. Os valores obtidos variaram de 0,26 MPa a 0,62 MPa, obtendo valores próximos a 2,5% da resistência a compressão dos blocos. Na tabela III estão os resultados obtidos nos ensaios.

Tabela III - Resistência a tração do bloco.

Bloco	Resistência à tração média (MPa)
1	0,28
2	0,26
3	0,36
4	0,33
5	0,30
6	0,45
7	0,37
8	0,62

Com a utilização do software Ansys foi mapeado onde havia concentração de tensões através de uma malha pré-estabelecida.

Nas Figuras 2 e 3 é possível visualizar a malha em um dos modelos estudados.

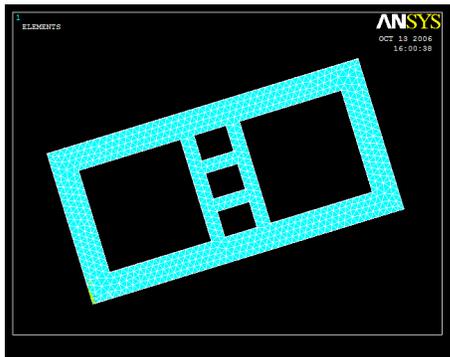


Figura 2- Malha na face de assentamento
Fonte: Figura do software ANSYS, 2006.

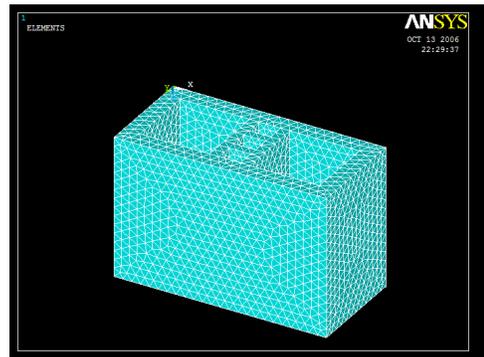


Figura 3- Malha no modelo em tridimensional
Fonte: Figura do software ANSYS, 2006.

Nas Figuras 4 e 5 visualizamos as tensões existentes num bloco quando aplicada carga analisando as deformações e concentrações de cargas.

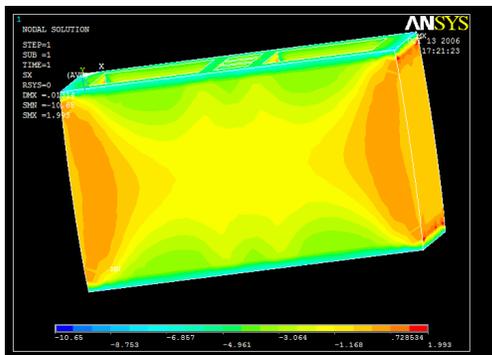


Figura 4 - Identificação das tensões e deformações nos modelos testados
Fonte: Figura do software ANSYS, 2006.

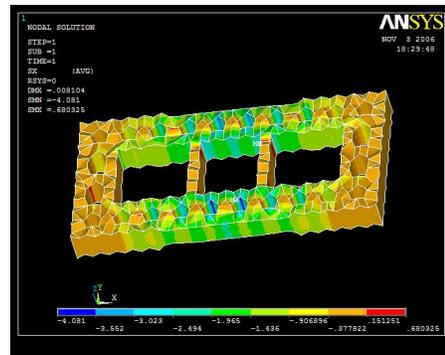


Figura 5 - Corte transversal do bloco
Fonte: Figura do software ANSYS, 2006.

Após simuladas as 8 tipologias, que foram produzidas em escala real, conseguimos ajustar a modelagem matemática para simular outras tipologias de blocos que poderão ser produzidas futuramente.

A partir dos modelos testados foram desenvolvidas algumas novas tipologias para análise no sistema de elementos finitos, estas estão identificadas nas Figuras 6 a 10.

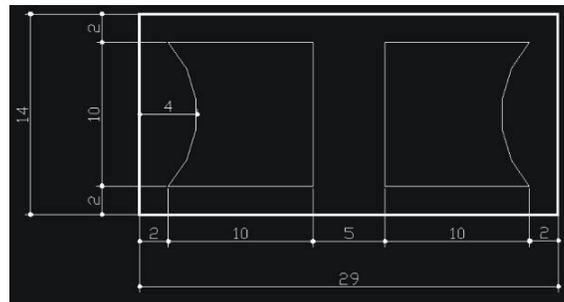


Figura 6 - Nova proposta 1

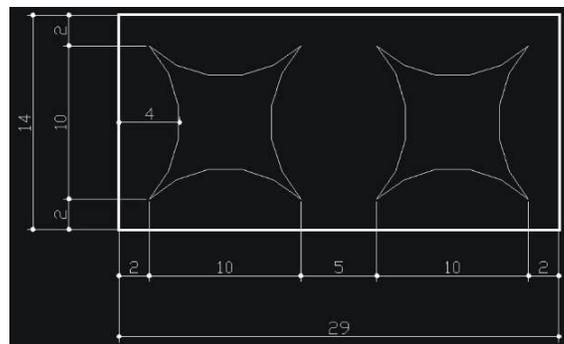


Figura 7- Nova proposta 2

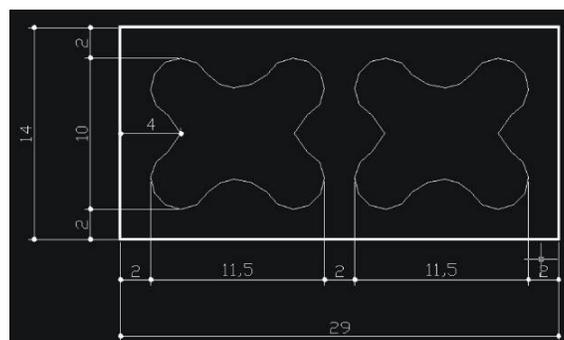


Figura 8- Nova proposta 3

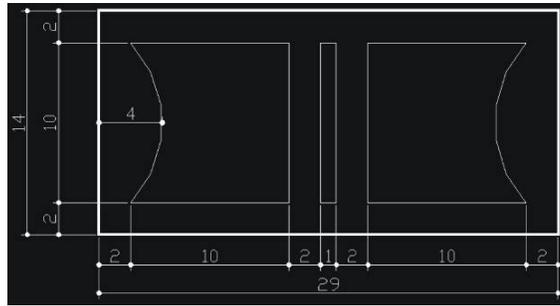


Figura 9- Nova proposta 4

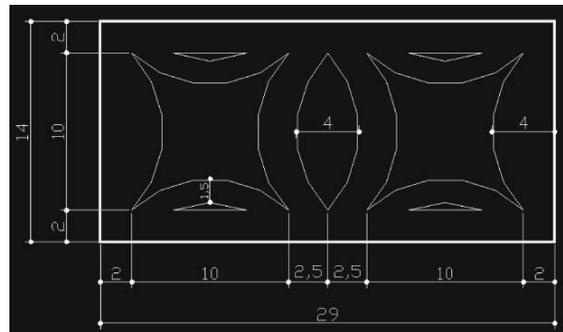


Figura 10 - Nova proposta 5

Com o estudo em elementos finitos de propostas de tipologias de bloco, busca-se obter seu maior potencial construtivo, aumentando as espessuras das paredes nos locais onde foram identificadas maiores tensões, principalmente de tração, verificadas na modelagem com elementos finitos.

CONCLUSÕES

Através deste trabalho conseguimos a produzir blocos com resistências significativas quando comparados com os comercializados atualmente no Brasil. Um dos fatores que influi diretamente na resistência do bloco é sua geometria bem como a relação da área líquida com a bruta.

É possível, com este trabalho, dispor de blocos com potencial construtivo para prédios com altura superior a 10 pavimentos, em alvenaria estrutural cerâmica, para o Brasil.

REFERÊNCIAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Cálculo de Alvenaria Estrutural de Blocos Vazados de Concreto, NBR 10.837. Rio de Janeiro. RJ. 1989.
2. _____ Componentes Cerâmicos - Parte 1: Blocos Cerâmicos para Alvenaria de Vedação – Terminologia e requisitos. NBR 15.270:2005. Rio de Janeiro. RJ. 2005.
3. _____ Componentes Cerâmicos - Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos. NBR 15.270:2005. Rio de Janeiro. RJ. 2005.
4. _____ Componentes Cerâmicos - Parte 3: Blocos cerâmicos para Alvenaria Estrutural e de Vedação – Métodos de ensaio. NBR 15.270:2005. Rio de Janeiro. RJ. 2005.
5. BRDE. Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul. Cerâmica Vermelha: Informe Setorial. Dezembro de 1994. Florianópolis, SC.
6. BRITISH STANDARD INSTITUTION. Code of Practice for Structural Use of Masonry – Part 1 – Structural use of unreinforced masonry – BS5628: part 1. Reino Unido, 1992.
7. _____. Code of practice for structural use of masonry – Part 2 – Reinforced and Prestressed Masonry – BS5628: part 2. Reino Unido, 1992.
8. BROOKS B.H., The Modulus of Elasticity of Masonry , Masonry International, Vol.12, Nº 2. 1998.
9. CAMACHO, J .S. BERTOLINO, R. Jr., ANDOLFATO, R. P. An Experimental Investigation of Correlations Between Prototypes And Small-Scale Modeling of Ceramic Block Masonry. 12 th International Brick/Block Masonry Conference, Madrid, 2000.
10. GOMES, N.S. A Resistência das Paredes de Alvenaria, Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1974.
11. GOMES, N. S. A Resistência à Compressão Simples e a Estabilidade de Paredes não Armadas Construídas com Tijolos ou Blocos Cerâmicos. Revista Cerâmica. São Paulo. SP. 1986.
12. LA ROVERE, H. L. SOLIZ, V. H.V. Efeito da Altura na Resistência de Prismas de Alvenaria de Blocos Cerâmicos Vazados, Jornadas Sudamericanas de Ingenieria Estructural, Argentina, 1995.

13. MAURENBRECHER, A. H. P. Axial Compression Tests on Masonry Walll and Prims, Proceedings Third North American Masonry Conference University of Texas at Arlington, 1985.
14. MENDES, R .J. K. Resistência à Compressão de Alvenarias de Blocos Cerâmicos Estruturais. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC. 1998.
15. OLIVEIRA, V. J. Recomendações para Projeto de Edifícios em Alvenaria Estrutural. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. 1992
16. RIZZATTI, E. Influência da Geometria de Bloco Cerâmico no Desempenho Mecânico de Alvenaria Estrutural sob Compressão. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 2003.
17. SANTOS, M. D. F. dos. Técnicas Construtivas em Alvenaria Estrutural: Contribuição ao Uso. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 1998.
18. STANDARDS ASSOCIATIONS OF AUSTRALIA. Masonry Structures – AS 3700. Second Edition, Sydney, 1998.
19. YANG, W J. , SHI, C. X. Random Nonlinear Finite Element Analysis of Masonry Structure,12 th International Brick/Block Masonry Conference, Madrid, Spain, 2000.
20. ZECHMEISTER, D. Estudo para a Padronização das Dimensões de Unidades de Alvenaria Estrutural no Brasil Através da Coordenação Modular. Dissertação de Mestrado da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. RS. 2005.

STUDY OF DIFFERENT CERAMIC STRUCTURAL BLOCKS GEOMETRIES

ABSTRACT

The purpose of this work is to search the higher potential constructive from ceramic structural blocks with different geometries. It was relevant, in this research, the type of the holes (rectangular or rounded), the holes arrangement in the transversal section, the influence from eliminates area to the total area and the walls blocks thicknesses, keeping 14 the external dimensions of 14 x 19 x 29 cm. To produce the blocks clay studies are made and later, produced eight different kinds of blocks geometries. In the experimental part tests of compression, dimensional, ANGER, absorption, and

elasticity modulus had been carried through. Parallel to these tests was carried through numerical analysis by the Finite Elements Method, admitting an elastic-linear behavior from the involved materials, by using ANSYS computational program. Based on the results analysis, was defined the better performance block to join up resistance, favorable geometry to the workmanship use and production costs.

Key work: Ceramic block, compression resistance, Finite Elements, geometry, production costs.