

ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DE BLOCOS DE CERÂMICA VERMELHA SOB CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS *

G. R. de Oliveira¹

J. J. N. Silva²

O. D. P. Fernandes³

Foluke Salgado de Assis⁴

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo analisar as propriedades em blocos de cerâmica vermelha. O diferencial e originalidade em relação ao que já existe em termos científicos são as evidências de que gradientes de umidade são mais significativos em secagem rápida o que provoca a presença de tensões residuais, como também em termos da porosidade em temperaturas de queima diferentes e conformação sob condições de presença e ausência de vácuo na produção dos blocos. Nestes casos, danos estruturais como trincas, deformações e fraturas podem surgir no produto final ou durante o carregamento de serviço devido à diminuição dos valores de resistência mecânica. Os resultados evidenciam que corpos de prova submetidos à secagem rápida em comparação a secagem lenta, bem como a diminuição da temperatura de queima e ausência de vácuo durante o processo produtivo, decrescem a propriedade mecânica citada..

Palavras-chave: Resistência mecânica; Tempo de secagem; Temperatura de queima.

ANALYSIS OF RESISTANCE OF CERAMIC RED BLOCKS UNDER EXPERIMENTAL CONDITIONS

Abstract

This study aims to analyze the properties in blocks of red ceramic. The differential and originality in relation to what is already in scientific terms are the evidence that moisture gradients are more significant in the rapid drying causes the presence of residual stresses, but also in terms of porosity in different firing temperatures and conformation under conditions of presence and absence of vacuum in the production of the blocks. In these cases, structural damage such as cracks, deformations and fractures may occur in the final product or service during charging due to the decrease of the mechanical strength. The results show that specimens subjected to rapid drying in comparison to slow drying, and decreasing firing temperature and absence of vacuum during the production process, the mechanical property decrease quoted.

Keywords: Mechanical strength; Drying time, Firing temperature.

¹ Engenheiro de Materiais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba – Brasil.

² Engenheiro de Materiais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba – Brasil.

³ Engenheiro de Petróleo, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba – Brasil.

⁴ Engenheiro Metalúrgico, Doutorando em Ciências dos Materiais, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – Brasil.

1 INTRODUÇÃO

A extrusão é um processo de conformação industrial que tem se revelado essencial nas indústrias cerâmicas de barro vermelho (telhas e blocos), por se tratar de uma técnica de produção associada a uma elevada produtividade, principalmente para produtos de seção transversal constante (bloco) e muito importante em termos de homogeneização e retirada do ar da massa (1,2). A máquina utilizada para conformação por extrusão é uma extrusora de vácuo também conhecida como “maromba”, que é responsável pelo transporte, compactação e extrusão da massa cerâmica; durante o processo o fluxo deve ser o mais constante possível para garantir a qualidade dos produtos (3).

Os blocos cerâmicos, popularmente conhecidos como tijolos, são um dos componentes básicos para a construção civil. Os tijolos são produzidos a partir da argila, geralmente sob a forma de paralelepípedo, possuem coloração avermelhada, apresentam canais/furos ao longo de seu comprimento além de ranhuras e saliências nas faces para facilitar a aderência com a argamassa. Há dois tipos de blocos cerâmicos – estrutural e de vedação (2).

Quanto ao preparo da matéria prima, tem-se que todas as operações antes da extrusão podem ser realizadas por processos mecânicos, que compreendem normalmente: trituração, peneiramento, misturadores, amassadores e laminadores. A maior parte dos defeitos dos blocos cerâmicos é em razão desta fase, que influencia todas as outras fases do processo, muitas vezes confundindo o fabricante que não identifica a sua causa (4).

Nas extrusoras dotadas de câmara de vácuo, o ar é retirado da massa, melhorando sua plasticidade com menor consumo de água, facilitando a secagem e aumentando a resistência mecânica do produto verde. A qualidade da extrusão influencia diretamente as propriedades finais do produto verde ou queimado (2).

Em geral, considera-se a resistência dos blocos cerâmicos como um indicador de qualidade e esta depende das matérias primas utilizadas na fabricação, do tempo de secagem e da temperatura de queima; podendo a mesma ser verificada a partir da execução de ensaios mecânicos.

O Objetivo do presente trabalho é analisar as propriedades mecânicas em blocos de cerâmicas vermelhas, conformados por extrusão, em função do uso da câmara de vácuo, do tempo de secagem e da temperatura de queima.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o processo de conformação dos blocos cerâmicos foi utilizada uma massa plástica já beneficiada oriunda do município de João Pessoa - Paraíba. Todo processo de conformação foi realizado no Laboratório de Tecnologia de Materiais – UAEMa/UFCG.

Inicialmente a massa cerâmica foi laminada, para destruir os aglomerados, conferindo maior homogeneidade a mesma. Em seguida, a conformação dos blocos foi realizada, a princípio com o uso de vácuo e depois sem a utilização do mesmo, utilizando uma extrusora da marca Verdés, conforme mostra a Figura 1:

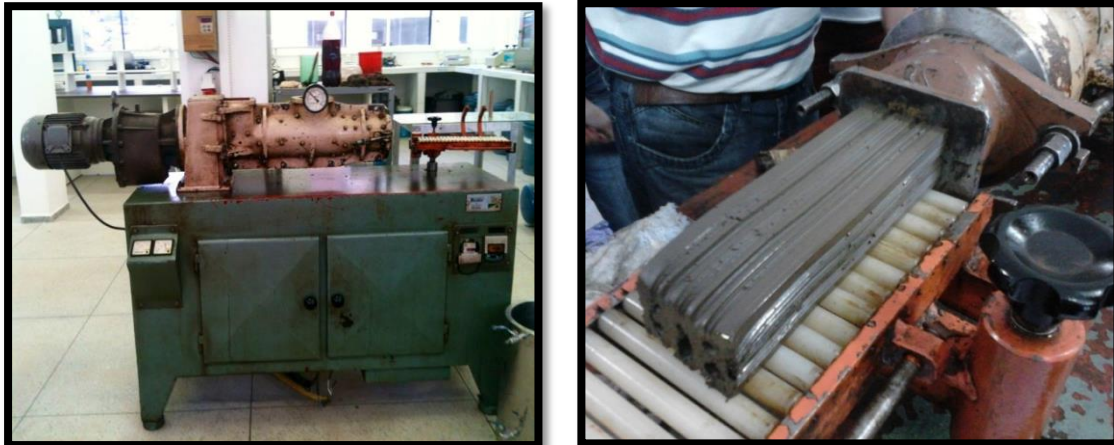


Figura 1 – (a) Extrusora usada para o processo de conformação e (b) conformação dos blocos cerâmicos.

Depois de conformados, os blocos foram então separados em dois grupos de acordo com suas condições de conformação (com vácuo e sem vácuo), e submetidos à etapa de secagem, realizada ao ar livre nas bancadas do mesmo laboratório em que foram conformados.

A secagem é uma fase complexa, pois nela deve-se eliminar a água necessária para a obtenção da massa plástica (5). Quando seco, o bloco está em condições de resistir a transformações físicas e químicas que ocorrem na queima sem danos (6). Para comparação da influencia do tempo de secagem, dois blocos (pertencente ao grupo de conformação com vácuo) foram submetidos à secagem com duração de 24 horas (secagem rápida) e os demais submetidos à secagem com duração de 48 horas (secagem lenta). Após secarem naturalmente, os blocos foram levados à estufa por 72 horas, para serem totalmente secos.

Os corpos submetidos à secagem rápida foram queimados, no forno EDG-3P-S até uma temperatura de 800°C. Os submetidos à secagem lenta foram separados em dois grupos no qual um grupo foi queimado a 800°C e o outro a 1000°C, ambos contendo blocos conformados com e sem vácuo. O tempo de queima para todos os corpos foi de 1 hora sob uma taxa de aquecimento de 1 °C/min.

Quanto à queima, esta constitui a operação mais importante na fabricação dos materiais cerâmicos. A sua finalidade é aglomerar as partículas formando uma massa coesa, que traz alterações bastante significantes ao bloco cerâmico, tais como, redução na área específica total e no volume aparente total e aumento da resistência mecânica (7).

Com os blocos consolidados, foram realizados os testes para a determinação da absorção de água, porosidade aparente, massa específica aparente, retração linear e resistência à compressão.

Para o cálculo da retração linear, separou-se o grupo de blocos queimado a 1000°C e mediram-se suas dimensões após a etapa de secagem e após a queima.

Absorção de água e Porosidade Aparente

Os blocos cerâmicos produzidos foram submetidos à análise de absorção de água, conforme método de ensaio da norma NBR 15270-3/2005 (8).

Para o cálculo de absorção de água e porosidade aparente, todos os blocos tiveram suas massas verificadas (peso após queima). Em seguida, os mesmos foram imersos em água durante 24h e novamente pesados (peso saturado). Os blocos também foram pesados imersos na água (Figura 2) segundo o princípio de Arquimedes, para o cálculo da porosidade aparente.

Determinada a massa saturada, a massa seca e o peso imerso dos blocos, tiveram-se todas as variáveis para achar o índice de absorção de água e a porosidade aparente de cada bloco determinados, respectivamente pelas fórmulas (A) e (B).

$$AA(\%) = \frac{P_{\text{sat}} - P_Q}{P_Q} \times 100 \quad (A)$$

$$PA(\%) = \frac{P_{\text{sat}} - P_Q}{P_{\text{sat}} - P_i} \times 100 \quad (B)$$

Onde:

AA é o índice de absorção d'água (%); PA é a porosidade aparente; P_{sat} é a massa úmida de cada corpo de prova (g); P_Q é a massa seca (após a queima) de cada corpo de prova (g) e P_i é a massa do corpo de prova imerso.

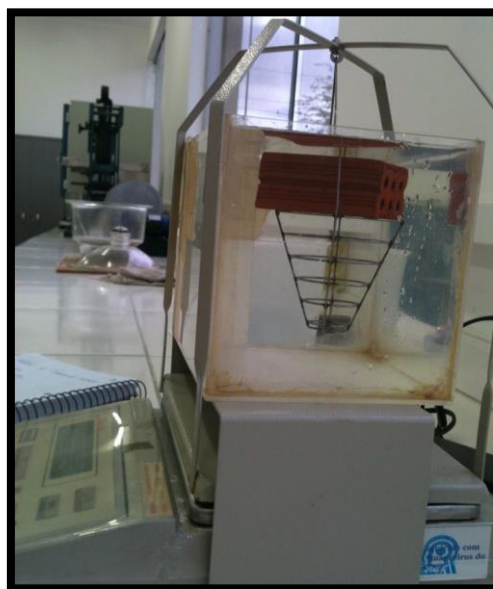


Figura 2. Medição do peso imerso dos blocos cerâmicos.

Massa Específica Aparente

Para o Cálculo da massa especifica aparente foi utilizada a fórmula (C).

$$\text{MEA (\%)} = \frac{\text{PA}}{\text{AA}} \times 100 \quad (\text{C})$$

Onde:

MEA (%) é a massa específica aparente; AA é o índice de absorção d'água; PA é a porosidade aparente;

Resistência mecânica

As propriedades físico-mecânicas dos blocos cerâmicos produzidos foram testadas através da análise de resistência mecânica, conforme método de ensaio determinado pela norma NBR 15270-3/2005.

O ensaio resistência à compressão foi realizado no Laboratório de caracterização de Engenharia de Materiais – UAEMa/UFCG, utilizando uma máquina universal de ensaios modelo DL – 10.000, da marca EMIC. A velocidade de carga utilizada foi de 0,05 MPa/s e 5MPa/s.

Antes da realização do o ensaio de resistência à compressão, os blocos primeiramente foram capeados com uma argamassa na proporção de 1:1 (areia e cimento) fazendo com que o bloco obtivesse uma espessura de argamassa em torno de 3 mm, conforme determinado na norma. Depois de a argamassa adquirir uma boa resistência o bloco foi colocado na água, onde permaneceu por 24 horas para então ser rompido.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 1-3 mostram os valores referentes às dimensões das faces (largura, altura e comprimento), do peso após a queima (PQ), do peso saturado (Psat) e do peso imerso (Pi) dos corpos de prova (blocos cerâmicos de vedação).

Tabela 1: Dimensões, peso após queima, peso saturado e peso imerso dos blocos conformados sem vácuo, com vácuo e queimados a 800° C.

Corpo de prova	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Altura (cm)	PQ (g)	Psat(g)	Pi (g)
Conformação sem a utilização de vácuo.						
34	7,6470	3,2540	5,5380	164,6300	187,1500	98,1000
35	7,7120	3,2730	5,4630	154,9200	180,2500	90,3100
36	7,5690	3,2780	5,4990	158,5400	179,0100	91,3400
Média	7,6427	3,2683	5,5000	159,3633	182,1367	93,2500
Conformação com a utilização de vácuo.						
10	7,8680	3,2580	5,4820	171,1200	192,3800	103,3300
11	7,7340	3,2470	5,3890	175,7700	197,3700	106,8200
12	7,7940	3,2580	5,4020	179,6100	201,9700	107,7000
13	8,1090	3,2760	5,4010	174,1300	195,9900	105,0900
Média	7,8763	3,2598	5,4185	175,1575	196,9275	105,7350

Tabela 2: Dimensões, peso após queima, peso saturado e peso imerso dos blocos conformados sem vácuo, com vácuo e queimados a 1000° C.

Corpo de prova	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Altura (cm)	PQ (g)	Psat(g)	Pi (g)
Conformação sem a utilização de vácuo.						
37	7,4600	3,2380	5,3470	158,0000	170,9800	91,6300
38	7,5820	3,2030	5,4720	159,4500	173,3000	92,3200
39	7,3160	3,2220	5,3640	157,6800	169,5000	92,2000
Média	7,4527	3,2210	5,3943	158,3767	171,2600	92,0500
Conformação com a utilização de vácuo.						
06	7,6430	3,1460	5,3900	164,2100	177,3800	87,0600
09	7,6270	3,2250	5,3100	172,1000	184,9200	97,9500
15	7,5850	3,2220	5,4300	172,6300	186,5000	96,4500
17	7,4280	3,1960	5,4830	177,9800	191,2600	94,7100
Média	7,5708	3,1973	5,4033	171,7300	185,0150	94,0425

Tabela 3: Dimensões, peso após queima, peso saturado e peso imerso dos blocos submetidos à secagem rápida (foram conformados com vácuo e queimados a 800° C).

Corpo de prova	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Altura (cm)	PQ (g)	Psat(g)	Pi (g)
1SR	7,5600	3,3940	5,6530	169,8500	190,1000	98,8300
2SR	7,8150	3,2880	5,5220	169,8500	188,0400	97,5700
Média	7,6875	3,3410	5,5875	169,8500	189,0700	98,2000

Os resultados de absorção de água, porosidade aparente, massa específica aparente (MEA) e resistência à compressão dos corpos cerâmicos encontram-se nas Tabelas 4-6.

Tabela 4: Absorção de água, porosidade aparente, MEA e resistência à compressão dos blocos conformados sem vácuo, com vácuo e queimados a 800°C.

Corpo de prova	Absorção de água (%)	Porosidade aparente(%)	MEA (%)	Resistencia à compressão (MPa)	
				0,05 MPa/s	5 MPa/s
Conformação sem a utilização de vácuo.					
34	13,6792	25,2892	1,8487	0,40	---
35	16,3504	28,1632	1,7225	0,66	---
36	12,9116	23,3489	1,8084	0,18	---
Média	14,31	25,60	1,79	0,41	---
Desvio P.	0,5428	1,3720	0,0285	0,24	---
Conformação com a utilização de vácuo.					
10	12,4240	23,8742	1,9216	1,17	---
11	12,2888	23,8542	1,9411	1,13	---
12	12,4492	23,7191	1,9053	---	1,18
13	12,5538	24,0484	1,9156	---	1,48
Média	12,4290	23,8740	1,9209	1,15	1,33
Desvio P.	0,0918	0,1232	0,0042	0,028	0,212

Conforme observado na Tabela 4, os valores médios obtidos de porosidade aparente (PA) são maiores nos corpos de prova extrudados sem vácuo do que nos extrudados com vácuo. O que já se esperava, pois no processo de extrusão sem vácuo a quantidade de ar retida no interior da massa, durante a conformação, é maior do que na extrusão com vácuo.

Como porosidade e absorção de água estão diretamente relacionadas, uma vez que os poros abertos são responsáveis pela absorção de água, os corpos de prova

extrudados sem vácuo apresentaram também uma maior absorção de água do que os extrudados com vácuo.

Tabela 5: Absorção de água, porosidade aparente, MEA e resistência à compressão dos blocos conformados sem vácuo, com vácuo e queimados a 1000° C.

Corpo de prova	Absorção de água (%)	Porosidade aparente (%)	MEA (%)	Resistência à compressão (MPa)	
				0,05 MPa/s	5 MPa/s
Conformação sem a utilização de vácuo.					
37	8,2152	16,3579	1,9912	0,82	---
38	8,6861	17,1030	1,9690	0,84	---
39	7,4962	15,2911	2,0398	0,22	---
Média	6,1223	12,2188	1,5011	0,63	---
Desvio P.	0,5084	0,7544	0,0344	0,35	---
Conformação com a utilização de vácuo.					
06	8,0202	14,5815	1,8181	1,84	---
09	7,4492	14,7407	1,9788	1,76	---
15	8,0345	15,4026	1,9170	---	2,09
17	7,4615	13,7545	1,8434	---	2,39
Média	7,7414	14,6198	1,8893	1,80	2,24
Desvio P.	0,3951	0,5847	0,0179	0,056	0,212

Comparando os valores de porosidade, absorção de água e resistência à compressão entre os blocos queimados a 800°C e 1000°C, respectivamente, observou-se que os blocos queimados a 1000°C possuem menor porosidade, caracterizando um material mais denso, conseqüentemente com menor absorção de água e maior resistência mecânica; podendo estes resultados estar relacionados com o fato de que na temperatura mais elevada, há maior probabilidade de gerar fase líquida, que por sua vez facilita e acelera a difusão atômica permitindo a ocorrência de transformações de fases e, conseqüentemente, a obtenção de uma microestrutura mais densa e resistente.

Tabela 6: Absorção de água, porosidade aparente, MEA e resistência à compressão dos blocos submetidos à secagem rápida (foram conformados com vácuo e queimados a 800°C).

Corpo de prova	Absorção de água (%)	Porosidade aparente (%)	MEA (%)	Resistência à compressão (MPa)	
				0,05 MPa/s	5 MPa/s
1SR	11,9223	22,1869	1,8610	1,10	---
2SR	10,7094	20,1061	1,8774	---	2,10
Média	11,3159	21,1465	1,8692	1,10	2,10
Desvio P.	0,8576	1,4714	0,0116	---	---

De acordo com os valores de resistência apresentado na Tabela 4 (blocos extrudados com vácuo) e na Tabela 6, observa-se que o tempo de secagem teve influência direta na resistência mecânica dos corpos cerâmicos, uma vez que os valores de resistência obtidos nos corpos submetidos à secagem rápida foram inferiores aos submetidos à secagem lenta. Este fato pode estar associado ao tempo insuficiente para eliminação das águas livres ou de conformação, que são responsáveis pela retração das peças. O tempo insuficiente de secagem podem provocar tensões no material, quando submetido à queima, favorecendo o aparecimento de trincas, e conseqüentemente, reduzindo a resistência do material. Ao analisar os valores de resistência apresentados na Tabela 4-6, observa-se que os blocos submetidos a uma taxa de aplicação de força de 5Mpa/s obtiveram valores de resistência a compressão superiores aos blocos submetidos à uma taxa de 0,05Mpa/s . Isto pode ser explicado pelo fato de que, em taxas muito elevadas à probabilidade de encontrar os defeitos presentes no material (pequenos defeitos) diminui e, em conseqüência disto, mascaram a resistência real do material.

4 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, após realização dos ensaios para a determinação da absorção de água, porosidade aparente, massa específica aparente, resistência à compressão e retração linear. Pode-se concluir que:

- A utilização de câmara de vácuo melhora a resistência do material. Visto que, os resultados de porosidade aparente e absorção de água foram maiores nos corpos de prova extrudados sem vácuo do que nos extrudados com vácuo.
- A temperatura de queima a que o material é submetido influência nas propriedades do mesmo. Os blocos queimados a 1000°C apresentaram maior resistência à compressão e menor porosidade, caracterizando um material mais denso e conseqüentemente, com menor absorção de água.
- O tempo de secagem afeta a resistência mecânica dos blocos cerâmicos. Tempo insuficiente de secagem podem provocar tensões no material na etapa de queima, favorecendo o aparecimento de trincas, e conseqüentemente, reduzindo a resistência do material.

- A taxa de aplicação de força influencia nos resultados de resistência obtidos. Isto pode ser explicado pelo fato de que, em taxas muito elevadas a probabilidade de encontrar os defeitos presentes no material (pequenos defeitos) diminui e, em consequência disto, mascaram a resistência real do material.

Agradecimentos

A CAPES pelo incentivo financeiro.

REFERÊNCIAS

- 1 RIBEIRO, M.J.; FERREIRA, A.A.L.; LABRINCHA, J.A. *Aspectos Fundamentais sobre a Extrusão de Massas de Cerâmicas Vermelhas*. Cerâmica Industrial, v. 8, nº 1, pg. 37-42, Janeiro/Fevereiro, 2003.
- 2 SANTOS, R, C. *Estudo Comparativo de Blocos Cerâmicos para Alvenaria Produzidos na Paraíba e no Rio Grande do Norte*. 2010. 71 f.. Relatório (Estágio Integrado) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.
- 3 WIECK, R.; DUAIBI FH,J. *Extrusão em Cerâmica Vermelha: Princípios Básicos, Problemas e Soluções*. Cerâmica Industrial, v. 18, nº3, pg. 16-23, Maio/Junho, 2013.
- 4 FONSECA, J. F. et al. *Manual para a Produção de Cerâmica Vermelha*. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina/ SEBRAE-SC, 1994,81p.
- 5 VIEIRA, C. M. F. et al. *Avaliação da Secagem de Cerâmica Vermelha através da Curva de Bigot*. Cerâmica Industrial, v. 8, nº 2, pg. 42-46, Janeiro/Fevereiro, 2003.
- 6 ROMAN, H. R. *Determinação das Características Físicas e Análise Estatística da Capacidade Resistente de Tijolos Cerâmicos Maciços*. 1983.102 f.. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1983.
- 7 VAN VLACK, L. H. *Propriedades dos Materiais Cerâmicos*. Tradução de Cid Silveira e Shiroyuki Oniki. São Paulo: Edgard Blucher, 1973.
- 8 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-3**: Componentes cerâmicos. Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2005.