

AVALIAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS PENSADOS E QUEIMADOS DO TIPO MACHO-FÊMEA PARA ALVENARIA ESTRUTURAL*

Niander Cerqueira Aguiar¹

Jonas Alexandrer²

Gustavo de Castro Xavier²

Victor Barbosa de Souza³

Afonso Rangel Garcez de Azevedo¹

Sergio Neves Monteiro⁴

Markssuel Teixeira Marvila⁵

Euzébio Bernabe Zanelato⁶

Resumo

A técnica de prensagem possibilita a produção de blocos de encaixe, contribuindo para aumento da eficiência construtiva por possibilitar maior rapidez nas obras e redução do desperdício de alvenaria. Neste trabalho buscou-se definir parâmetros tecnológicos de blocos prensados e queimados (BPQ), fazendo uma correlação com as propriedades da massa cerâmica e a técnica de prensagem empregadas. Os blocos foram produzidos em indústria cerâmica de Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil, no modelo de encaixe, segundo metodologia adaptada da produção de blocos de solo-cimento. O produto atendeu aos valores de referência das normas brasileiras para resistência e absorção de água para emprego como alvenaria estrutural, tendo apresentado resistência característica de 3,73 MPa e taxa de absorção de água de 20,5%. Os dados experimentais de tensão de ruptura à compressão simples se ajustaram bem à distribuição de Weibull para as condições estudadas, tendo apresentado valor de tensão característica de ruptura por Weibull de 4,23 MPa. Conclui-se da análise da massa cerâmica a partir da resistência e da absorção de água que a mesma se ajustou bem à produção de BPQ. Conclusão similar chegou-se em relação a prensagem. A presente pesquisa obteve resultados satisfatórios uma vez que o produto apresenta potencial para aplicabilidade como alvenaria estrutural para edifícios residenciais e comerciais de pequeno porte com até três pavimentos.

Palavras-chave: Cerâmica vermelha; BPQ; Resistência Mecânica; Alvenaria Estrutural.

EVALUATION OF THE DEGRADING EFFECT OF SALT SPRAY IN CERAMIC PARTS

Abstract

The pressing technique allows the production of plug-in blocks, contributing to increase the constructive efficiency by enabling a faster work and reducing waste of masonry. In this work, we tried to define technological parameters of burned and pressed blocks (BPQ), making a correlation with the properties of the ceramic mass and the technique of pressing used. The blocks were produced in the ceramic industry of Campos dos Goytacazes - RJ, Brazil, in the fitting model, according to the methodology adapted from the production of soil-cement blocks. The product met the reference values of the Brazilian standards for resistance and water absorption for use as structural masonry, presenting characteristic strength of 3.73 MPa and water absorption rate of 20.5%. The experimental data of simple compression rupture tensile adjusted well to the Weibull distribution for the studied conditions, having Weibull rupture characteristic tensile value of 4.23 MPa. It is concluded from the analysis of the ceramic mass from

the resistance and the water absorption that it adjusted well to the production of BPQ. Similar conclusion was reached in relation to pressing. The present research has obtained satisfactory results since the product presents potential for applicability as structural masonry for residential and commercial buildings of small size with up to three floors.

Keywords: Red ceramics; BPQ; mechanical resistance; structural masonry.

¹ *Engenheiro Civil, Doutor em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*

² *Engenheiro Civil, Doutor em Ciências de Engenharia, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*

³ *Engenheiro Civil, Doutor em Ciências de Engenharia, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*

⁴ *Engenheiro de Materiais, Doutor em Ciências dos Materiais, IME, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*

⁵ *Engenheiro Civil, Mestre em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*

⁶ *Engenheiro Civil, Doutorando em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*

⁷

1 INTRODUÇÃO

A indústria brasileira da construção civil experimentou um grande momento de expansão e desenvolvimento nos últimos anos, muito impulsionado pela situação ascendente econômica que o país vivenciou na primeira década do século XXI. Há que se ressaltar neste cenário, dentre outros fatores, o desenvolvimento do setor petrolífero e as expectativas decorrentes da descoberta e da exploração do pré-sal e, em especial, os grandes eventos de importância mundial que o Brasil sediou nos últimos anos demandantes de um volume expressivo de construções. Ainda que o panorama atual apresente alguns senões à manutenção deste volume de crescimento, o país ainda tem muito por se desenvolver e tal desenvolvimento passa diretamente pela modernização do setor da construção civil.

Desta forma, é de suma importância o domínio de técnicas e de produtos que permitam uma maior rapidez nos processos construtivos, menor custo e, ao mesmo tempo, um alto padrão de qualidade. Neste cenário, o emprego de alvenaria estrutural ganhou novamente espaço como alternativa ao uso das estruturas em concreto armado, por possibilitar uma série de vantagens, tais como maior economia de material, menor geração de desperdício, melhoria na etapa de acabamento, dentre outros. Um fator relevante é que tal método construtivo desempenha ao mesmo tempo as funções de elemento de vedação e estrutura [1, 2].

Neste contexto, a indústria da cerâmica vermelha campista, que exerce relevante papel econômico no município [3], pode contribuir na fabricação destes tijolos, o que traria maior valor agregado para os seus produtos. A planície sedimentar campista foi formada no período quaternário pelas inundações do rio Paraíba do Sul. Portanto, as jazidas locais se caracterizam de material sedimentado e constituem fonte não renovável [4], o que ressalta a importância de se garantir um maior valor agregado aos produtos cerâmicos regionais.

O processo de fabricação de artefatos cerâmicos para construção civil, como tijolos, blocos e telhas, apresentou um significativo avanço no Brasil nos últimos anos, fruto de diversas pesquisas desenvolvidas nesse segmento, com particular destaques às pesquisas com alvenaria estrutural [5 - 12]. Entretanto, muito ainda pode ser feito pelo avanço desse processo construtivo. Nesse sentido, foi proposta uma metodologia para substituir o processo de extrusão na fabricação de blocos cerâmicos pela prensagem de blocos, em procedimento similar ao que é realizado com os tijolos de solo-cimento [13]. Os blocos de encaixe, tipo “macho e fêmea”, são então prensados e queimados, possibilitando um ganho de resistência e durabilidade a esses materiais. Os blocos assim produzidos foram denominados: blocos prensados e queimados (BPQ).

Poucas pesquisas foram realizadas com o uso dos BPQ até o presente momento [13 - 16], sendo desconhecidas muitas propriedades do produto. Além do que, a grande variabilidade que há em produtos cerâmicos quando do emprego de diferentes matérias-primas (massas cerâmicas) e modificadas as formas de produção, fazem com que haja um campo ainda grande a ser explorado para que se possa conhecer e garantir a qualidade para tornar o produto capaz de ser comercializado.

As propriedades dos produtos de cerâmica vermelha são norteadas pela composição da massa cerâmica e pelas condições do processamento utilizadas na etapa de fabricação [18]. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é estudar parâmetros tecnológicos de BPQ fazendo uma correlação com as propriedades da massa cerâmica empregada e o tipo de prensagem. Para tanto, foram produzidos blocos no modelo de encaixe na cerâmica Arte Cerâmica Sardinha, do polo ceramista de

Campos dos Goytacazes - RJ, segundo metodologia desenvolvida por Pedroti *et al.* [13] e Alexandre *et al.* [14].

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Materiais e Métodos

A realização do programa experimental buscou a determinação das propriedades físico-mecânicas da massa cerâmica e do produto (BPQ). Por ser uma produção toda realizada na própria indústria, foi empregada a mesma massa cerâmica industrial utilizada na produção dos tijolos convencionais da Arte Cerâmica Sardinha. A massa é composta da mistura de sete partes de argila para três de areia média.

A distribuição de tamanho de partículas da massa cerâmica foi determinada por meio uma combinação de peneiramento e sedimentação; a determinação da plasticidade foi via o método de Atterberg; a densidade real dos grãos foi determinada pelo ensaio de Picnômetro; determinou-se também a umidade ótima de compactação da massa cerâmica pelo ensaio de Proctor Normal. Todas as etapas de caracterização física foram realizadas no Laboratório de Engenharia Civil (LECIV), da UENF, utilizando procedimentos normatizados pela ABNT [19 - 24].

A composição química da matéria-prima foi determinada por análise semiquantitativa por fluorescência de raios X de energia dispersiva (EDX) em equipamento Shimadzu EDX-700, com material passante na peneira 200 mesh, no LECIV/UENF. A análise mineralógica foi realizada por difração de raios X, no Laboratório de Materiais Avançados (LAMAV/UENF), utilizando o equipamento Modelo XRD-7000 da marca SHIMADZU operando com radiação Cu- α e varredura de 2θ variando de 5 a 60°, com material passante na peneira 325 mesh. As análises térmicas diferencial (ATD) e termogravimétrica (ATG) da massa cerâmica foram realizadas em equipamento modelo RB-3000 BP Engenharia operando a 10°C/min no LAMAV/UENF, com material passante na peneira 325 mesh.

Os blocos foram produzidos por prensagem em Prensa Eco Master 7000 Turbo II, com matriz aquecida, comando hidráulico, motor de 7,5 CV, sensor fim de curso e capacidade de compactação de até 36 toneladas (Figura 1.a). Após a compactação os blocos foram secados a temperatura ambiente por duas semanas, no pátio da cerâmica (Figura 1.b). O processo de queima foi feito num forno do tipo Caieira, com uso de madeira e pó de serra como combustíveis (Figura 1.c). O processo de queima foi lento (seis dias), com patamar de temperatura de 890°C.

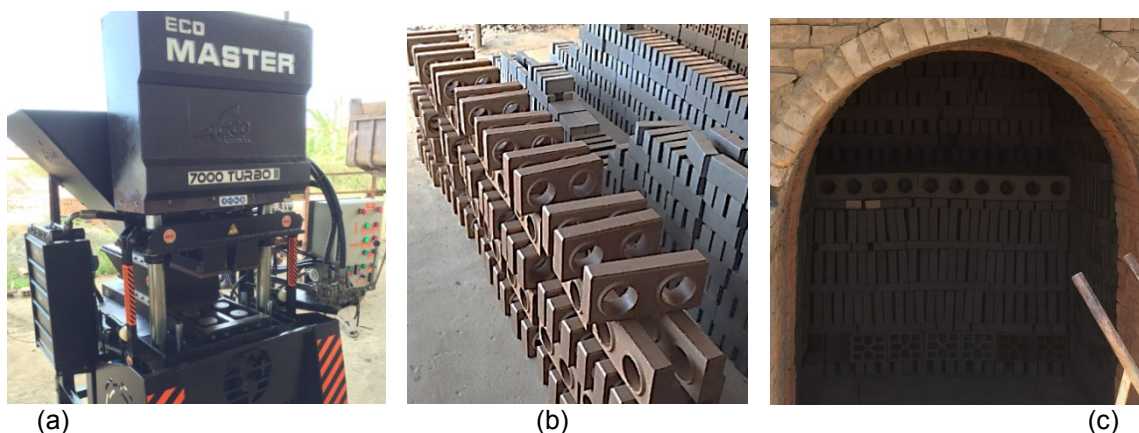


Figura 1 – Fabricação dos BPQ: (a) prensa; (b) secagem; (c) queima

Os blocos cerâmicos foram submetidos a ensaios para determinação absorção de água, massa específica aparente e resistência à compressão, parâmetros

tecnológicos básicos para utilização de um produto como alvenaria de vedação e alvenaria estrutural [25 – 29].

Foram escolhidas aleatoriamente 15 amostras de BPQ para medição da taxa de absorção de água (AA), seguindo normatização da ABNT [55] que exige no mínimo 13 amostras. A taxa de absorção deve estar dentro da faixa de 8 a 22% [26], para garantir que a superfície do bloco possa impedir a entrada excessiva de água, garantindo suficiente capacidade de absorção para ancoragem da argamassa do chapisco e reboco. A massa específica aparente (MEA) também foi medida, a partir do ensaio realizado com 6 corpos de prova.

A resistência característica foi determinada com relação à área bruta [27]. Foram ensaiados 25 blocos cortados ao meio, à semelhança do procedimento realizado com blocos de solo-cimento, devido ao modelo dos blocos ser do tipo de encaixe, com 7,0 cm de altura. Os blocos foram capeados com pasta de cimento, utilizando relação água/cimento de 0,3, para se obter regularização das faces, como mostrado na figura 2.a, e foram rompidos à compressão simples uniaxial em prensa servo-hidráulica, com regulagem de velocidade de aplicação de carga e célula de aquisição de dados referentes à força aplicada ao longo do tempo. A prensa servo-hidráulica utilizada foi da marca EMIC e possui capacidade para 2000 KN, figura 2.b.



Figura 2 – Ensaio nos blocos: (a) capeamento; (b) bloco ensaiado na prensa EMIC 2000 kN

A norma brasileira [26], define como valor mínimo para a resistência característica à compressão de blocos para alvenaria estrutural o valor de 3,0 MPa.

Os dados da tensão de ruptura à compressão obtidos foram tratados estatisticamente por meio da distribuição estatística de Weibull [30 - 31], sendo utilizado como tamanho da amostra $N = 22$ (número de amostras não rejeitadas pelo critério de Chauvenet). A probabilidade de fratura (P_i) foi estimada de acordo com o método de distribuição acumulada de amostras simétricas, usando o estimador de probabilidades $P_i = (i - 0,5)/N$.

2.3 Resultados e discussões

A composição química da massa cerâmica está apresentada Tabela 1. Verifica-se a composição típica de argila sedimentar, com predominância de sílica e alumina [32]. O alto percentual de hematita assinala a presença de agente fundente e indica a cor vermelha pós calcinação do material [18]. A quantidade de SiO_2 indica a presença de caulinita (58,9%) e de quartzo livre (12,7) na amostra total e a quantidade de Al_2O_3 está associada a presença dos argilominerais caulinita, mica moscovita e gibsita, o que foi confirmado pela análise mineralógica, conforme pode ser visualizado no gráfico da figura 3.

Tabela 1: Composição química da massa cerâmica (%)

Elemento	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Outros	PF
Quantidade (%)	46,61	15,84	9,40	9,29	4,68	4,16	10,02

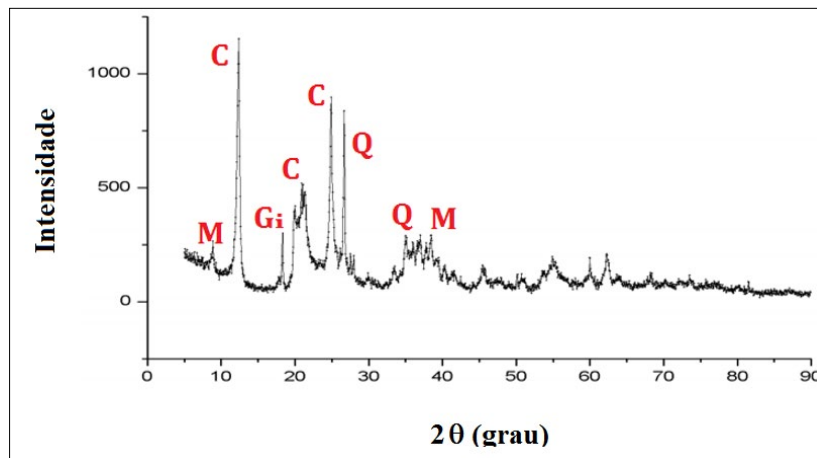


Figura 3 – Difratograma de raio-X (C= caulinita; Q = quartzo; M = mica muscovita e Gi = Gibsita).

A Perda ao Fogo (PF) em porcentagem na temperatura de 900°C medida foi de 10,02%, representando a porcentagem de perda de água livre, adsorvida e de constituição da matéria-prima e, também, a degradação da matéria orgânica presente na amostra, além de sulfetos, sulfatos e carbonatos, quando presentes [33].

Na Figura 4 são apresentadas as curvas ATD e TG da massa cerâmica. Pode-se observar perda de massa nas temperaturas iniciais de aquecimento que se atribui à eliminação de água de umidade. Outra mudança que chama a atenção é a reação endotérmica que ocorre entre as temperaturas de 260 e 280°C devida à eliminação de água de hidróxidos. No entanto, a maior perda de massa, cerca de 7%, pode ser observada entre 520 e 570°C, fato associado a desidroxilação da caulinita [33]. Como também pode ser notado, na temperatura do patamar de queima registrada no termostato do forno, 890°C, não são identificadas presenças de picos de transformações térmicas

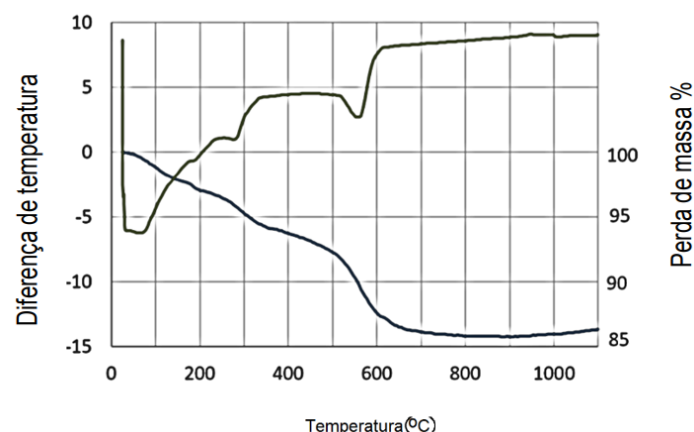


Figura 4 – Curvas de ATD/TG da massa cerâmica

No diagrama da Figura 5 é apresentada a distribuição de tamanho das partículas da massa cerâmica. A amostra de solo analisada indicou a presença de 34,8% de grãos na fração argila, 30,1% na fração silte e 34,7% na fração areia. De acordo com o diagrama de Winkler [34], a matéria-prima estudada apresenta uma distribuição de

tamanho de partículas dentro da faixa adequada para fabricação de tijolos e blocos vazados.

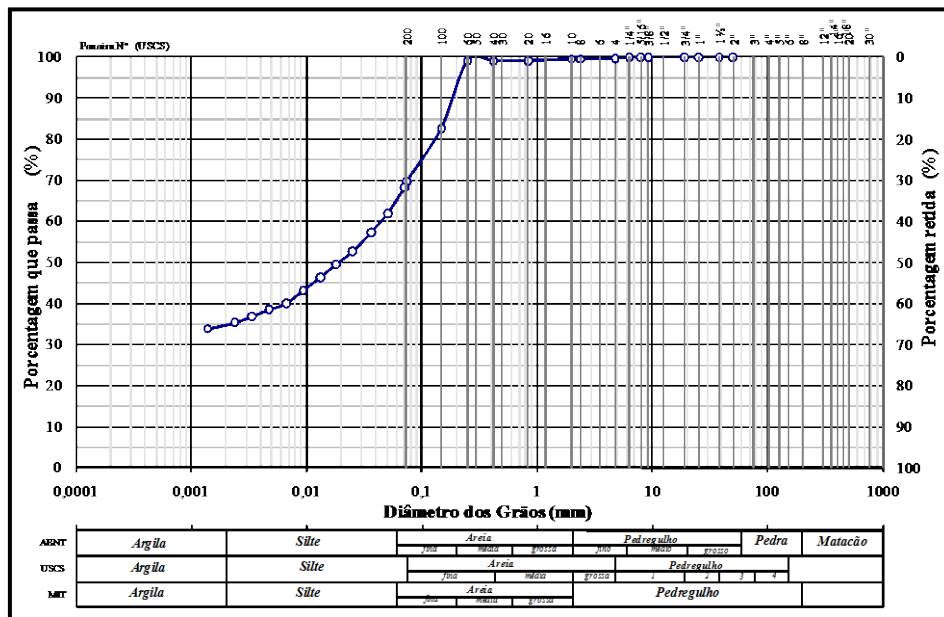


Figura 5 – Curva granulométrica da massa cerâmica

O índice de plasticidade obtido foi de 30,3%, que está dentro da faixa para fabricação de cerâmica vermelha [35]. A Densidade Real dos Grãos da massa cerâmica foi medida em 2,59 g/cm³, que se encontra dentro do intervalo de 2,55 a 2,77 g/cm³, desejado para massa cerâmica a ser empregada na confecção de materiais cerâmicos [13].

Sendo o Limite de Liquidez de 51,5%, o material pode ser classificado como Argila Pouco Plástica (CL) com presença de areia na massa pelo Sistema de Classificação Unificada dos Solos (S.U.C.S).

Determinou-se a umidade ótima de prensagem da massa cerâmica empregada na confecção dos BPQ através do ensaio de *Proctor Normal*. O resultado obtivo vem especificado no gráfico da Figura 6.

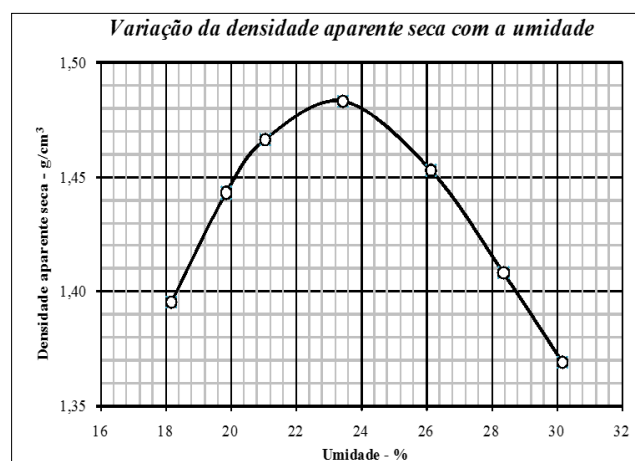


Figura 6 – Gráfico da Umidade ótima

Conforme pode ser observado no gráfico, a Umidade Ótima determinada foi de 23,2% para uma densidade aparente seca de 1,48 g/cm³. O valor da umidade ótima foi empregado como referência para a confecção dos BPQ.

Foram realizados ensaios em 15 amostras de BPQ para determinação da taxa de absorção de água (AA), sendo rejeitado dois valores pelo critério de Chauvenet. Após o tratamento estatístico obteve-se uma taxa média de 20,50%, para um desvio padrão de 1,45% e um coeficiente de variação de 7,07%. O valor determinado para aplicação dos blocos em alvenaria de vedação e estrutural, pois a norma indica que estejam no intervalo de 8 a 22%. Apenas um valor individual de 22 % foi verificado.

A absorção de água foi indicada por outros autores como sendo um problema para os BPQ por eles produzidos [13, 14], fato que diverge do verificado na presente pesquisa. Assim, os valores aqui obtidos indicam que a massa cerâmica empregada que apresentou grande concentração de material fundente, a temperatura de queima praticada na cerâmica e a capacidade de compactação da prensa utilizada na conformação dos blocos contribuíram para garantir melhor qualidade aos produtos.

Com relação à massa específica aparente (MEA), o resultado encontrado foi de 1,21 g/cm³ de BPQ: um valor que está dentro da faixa de 1,1 a 1,4 g/cm³ que é definido para esse tipo de material [13]. Esse valor é importante, pois garante que elementos de fundação e solo não receberão carga maior que o já esperado para construções em alvenaria estrutural.

Os valores da resistência média à compressão (f_{bm}) considerando a área bruta e a área líquida dos blocos, após tratamento estatístico, estão apresentados na Tabela 2. A relação medida entre as médias das áreas líquidas e das áreas brutas dos BPQ foi de 0,74.

Tabela 2: Resistência à compressão média dos blocos

	Área Bruta	Área Líquida
Resistência Média (MPa)	4,15	5,62
Desvio Padrão	0,35	0,46
Coef. de Variação	8,47	

O valor médio obtido de resistência (f_{bm}) à compressão, tomado com relação à área bruta, referência normativa brasileira, é maior que 3,0 MPa, mínimo para ser alvenaria estrutural. Pela definição da norma brasileira [26], a resistência característica medida foi de **3,73 MPa**, que é 10,24 % menor que o valor médio obtido.

Comparando os resultados para resistência à compressão com os obtidos por outros autores [13, 14], verifica-se na presente pesquisa um ganho de resistência da ordem de 20 a 30%. Essa diferença também na resistência à compressão pode ser associada à massa cerâmica e à capacidade de compactação da prensa usadas na conformação dos blocos.

A Figura 7 apresenta o diagrama de Weibull ($\ln(\ln[1/(1-P)])$ versus $\ln \sigma$) para os BPQ não rejeitados. O parâmetro de Weibull (m) foi determinado a partir da análise de regressão linear das tensões de rupturas dos blocos. Conforme pode ser observada a distribuição de Weibull é unimodal, com uma linearização com R² de 0,933 indicando que os dados experimentais podem ser ajustados conforme a teoria de Weibull [18].

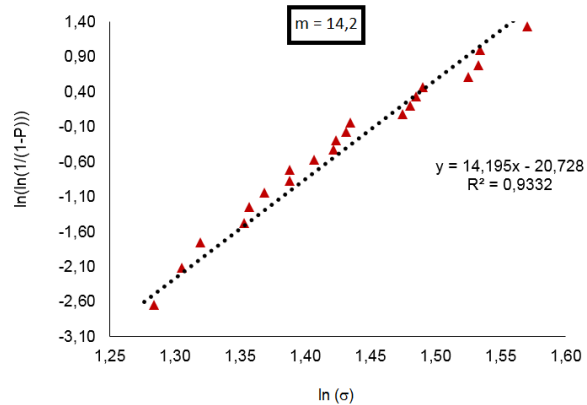


Fig. 7 – Diagrama de Weibull (BPQ)

O valor do parâmetro de Weibull (m) é 14,2, que fica dentro da faixa de aceitação para materiais cerâmicos ($3 < m < 15$), sendo que quanto mais próximo do limite superior, menor a dispersão amostral [66]. Esse valor indica que os resultados apresentaram bom ajuste para serem analisados pela distribuição de Weibull.

Foi determinada a tensão característica de ruptura de Weibull (σ_R), parâmetro que indica uma probabilidade de falha do bloco de 63,2%, a partir da distribuição de probabilidade de ruptura, sendo os resultados apresentados na Figura 8.

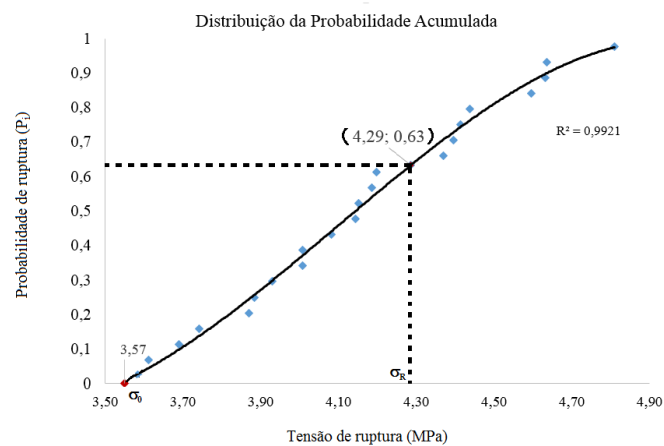


Fig. 8 – Distribuição de Probabilidade Acumulada (BPQ)

Fazendo um ajuste nos dados, com $R^2=9,992$, para 63,2% de probabilidade de ruptura a tensão esperada é de 4,29 MPa. Esse valor é estatisticamente igual ao da resistência média encontrada, sendo 15,1 % maior que a resistência característica (f_k). Do gráfico, tem-se que a tensão mínima de ruptura estimada fica em 3,50 MPa, abaixo da qual, pela distribuição de probabilidade acumulada, não há previsão de ruptura.

3 CONCLUSÃO

A massa cerâmica apresentou características típicas ao encontrado no polo cerâmico de Campos dos Goytacazes, sendo classificada como *argila pouco plástica com presença de areia* pela definição do SUCS, com presença de 35% de argila, Limite de Liquidez de 51,5% e Densidade Real dos Grãos de 2,59 g/cm³. A umidade ótima de compactação da massa cerâmica encontrada por ensaio de Proctor Normal foi de

23,2%, sendo esta a umidade do solo utilizada como referência para a confecção dos BPQ.

Foi identificada predominância de Sílica e Alumina na massa 62,45%, com a cor avermelhada dos blocos após a queima a devido ao teor de 9,29% de hematita. Os agentes fundentes cal (9,40%) e de K₂O (4,68%), foram responsáveis pela redução na porosidade dos blocos, quando comparados a outros estudos [43 - 45].

A técnica de difração de raios X indicam a predominância de picos de difração característicos da caulinita, além da presença do quartzo livre, da Mica Muscovita e da gibsita. Há ainda outros picos, de menor intensidade, indicando a presença de outros argilominerais. As análises térmicas, ATD e ATG, confirmaram que temperatura de queima dos BPQ, de 890°C, está dentro de um intervalo onde não há presenças de picos de transformações endotérmicas nem exotérmicas.

A taxa de absorção de água de 20,5%, é um valor dentro da faixa indicada para alvenaria, mas precisa ser objeto de controle, pois a variabilidade de resultado ainda é alta, em torno de 5%. A massa específica de 1,21 g/cm³ do BPQ está dentro da faixa para cerâmicos, não implicando em cargas excessivas sobre estruturas de fundação. Os blocos atenderam aos valores requisitos de resistência mecânica para emprego como alvenaria estrutural, tendo apresentado resistência característica de 3,73 MPa. Na análise de tensão de ruptura por Weibull, foi possível encontrar um valor de 4,23 MPa que é um valor 15 % maior que a resistência característica. Como a variabilidade de valores medidos para a resistência à compressão foi alto, tendo gerado até mesmo a rejeição de valor pelo critério do Chauvenet, conclui-se que é mais indicado utilizar o valor da resistência característica nos cálculos estruturais com BPQ, ficando assim a favor da segurança.

Os dados experimentais de tensão de ruptura à compressão simples se ajustaram bem à distribuição de Weibull para as condições estudadas, apresentando um comportamento unimodal. O parâmetro de Weibull obtido, de 14,2 está compreendido dentro da faixa esperada para materiais cerâmicos.

A presente pesquisa obteve resultados satisfatórios, sendo o produto apresenta potencial para aplicabilidade como alvenaria de vedação e de alvenaria estrutural para residenciais de pequeno porte, até três pavimentos.

REFERÊNCIAS

- [1] SÁNCHEZ, E. Nova Normalização Brasileira para a Alvenaria Estrutural. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2013.
- [2] PARSEKIAN, G. A. Comportamento e Dimensionamento de Alvenaria Estrutural. São Paulo: EDUFSCAR, 2012.
- [3] ANICER. Associação Nacional da Indústria Cerâmica. Disponível em: <http://anicer.com.br>.
- [4] LAMEGO, A. R., (1974). O homem e o Brejo. 2. ed. Rio de Janeiro: Lidador, 250p.
- [5] AHMED, A. G.; MOHAMED, A. E.; JOHN, J. M. Thermal characterization of cleaner and eco-efficient masonry units using sustainable aggregates. Journal of Cleaner Production 165 (2017) 980 – 993.
- [6] ALMEIDA, C.; PAULO GUEDES, J. ARÊDE, A.; COSTA, C. Q. COSTA , A. Physical characterization and compression tests of one leaf stone masonry walls. Construction and Building Materials 30 (2012) 188–197.
- [7] BERTO, L.; SAETTA, A.; SCOTTA, R.; VITALIANI, R. Failure mechanism of masonry prism loaded in axial compression: computational aspects. Materials and Structure. (2005) 38: 504.

- [8] CAMINO, M. S.; LEÓN, F. J.; LLORENTE, A.; OLIVAR, J. M. Evaluation of the behavior of brick tile masonry and mortar due to capillary rise of moisture. *Materiales de Construcción*. 64 no. 314 (2014), 1–10.
- [9] CHEN, Da-chuan; SHANG, Shou-ping; ZHANG Cheng-qiang. Effect of vertical load difference on cracking behaviors in multistory masonry buildings and numerical simulation. *Journal of Central South University of Technology*, 2009, 16(6): 1014–1021
- [10] FRANZONI, E.; GENTILINI, C.; GRAZIANI, G.; BANDINI, S. Compressive behaviour of brick masonry triplets in wet and dry Conditions. *Construction and Building Materials* 82 (2015) 45 – 52.
- [11] JIN, P.J.; ZHANG, Y.; WANG, S.; YANG, X.G.; ZHANG, M. Characterization of the superficial weathering of bricks on the City Wall of Xi'an, China. *Construction and Building Materials* 149 (2017) 139–148
- [12] MUELLER, A.; SCHNELL, A.; RUEBNER, K. The manufacture of lightweight aggregates from recycled masonry rubble. *Construction and Building Materials* 98 (2015) 376 – 387.
- [13] PEDROTI, L. G.; ALEXANDRE, J. XAVIER, G. C.; MONTEIRO, S. N.; VIEIRA, C. M. F.; BAHIANSE, A. V. MAIA, P. C. A. Desenvolvimento de Massa Cerâmica para Blocos Prensados e Queimados. 25. *Cerâmica Industrial*, 16 (1), jan/fev. 2011.
- [14] ALEXANDRE, J.; SILVA, C. L. A. P. Caracterização da argila para confecção de blocos prensados e queimados. *Anais do 56º Congresso Brasileiro de Cerâmica. 1º Congresso Latino-Americano de Cerâmica. IX Brazilian Symposium on Glass and Related Materials*. 03 a 06 de junho de 2012, Curitiba-PR, Brasil.
- [15] PEDROTI, L. G.; ALEXANDRE, J. XAVIER, G. C.; MONTEIRO, S. N.; VIEIRA, C. M. F.; BAHIANSE, A. V. MAIA, P. C. A. Simplex Network Modeling for Press-Molded Ceramic Bodies Incorporated with Granite Waste. *Materials Science Forum Vols. 727-728* (2012) pp 619-624.
- [16] CERQUEIRA, N.A.; CHOE, D.; ALEXANDRE, J.; AZEVEDO, A.R.G.; XAVIER, C.G.; SOUZA, V.B. (2016). *Properties of Clay for Ceramics with Rock Waste for Production Structural Block by Pressing and Firing*. In: Ikhmayies S.J. et al. (eds) *Characterization of Minerals, Metals, and Materials 2016*. Springer, Cham.
- [17] CALLISTER, W. D. J. *Ciência e Engenharia de Materiais - Uma Introdução*. São Paulo: LTC, 2012. 8ª edição.
- [18] PINHEIRO, B. C. A; HOLANDA, J. N. F. Efeito da Temperatura de Queima em Algumas Propriedades Mecânicas de Cerâmica Vermelha. *Cerâmica* 56 (2010). 237-243.
- [19] ABNT NBR 6457 – Amostras de Solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 1986.
- [20] ABNT NBR 6459 – Solo – Determinação do Limite de Liquidez. Rio de Janeiro, 2016.
- [21] ABNT NBR 6508 – Determinação da Massa Específica. Rio de Janeiro, 1984.
- [22] ABNT NBR 7180 – Solo – Determinação do Limite de Plasticidade. Rio de Janeiro, 2016.
- [23] ABNT NBR 7181 – Solo – Análise Granulométrica. Rio de Janeiro, 2016.
- [24] ABNT NBR 7182 – Solo – Ensaio de Compactação. Rio de Janeiro, 2016.
- [25] ABNT NBR 15270-1 – Componentes cerâmicos - parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.
- [26] ABNT NBR 15270-2 – Componentes cerâmicos - parte 2: Blocos Cerâmicos para Alvenaria Estrutural - Tipologia. Rio de Janeiro, 2005.

- [27] ABNT NBR 15270-3 – Componentes cerâmicos - parte 3 - Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2005.
- [28] ABNT NBR 15812-1 – Alvenaria estrutural. Blocos cerâmicos - parte 1: Projetos. Rio de Janeiro, 2010.
- [29] ABNT NBR 15812-2 – Alvenaria estrutural. Blocos cerâmicos - parte 2: Execução e controle de obras. Rio de Janeiro, 2010.
- [30] DODSON, B. The Weibull Analysis Handbook. 2ª ed. ASQ Quality Press, 2006.
- [31] RINNE, H. The Weibull Distribution – A Handbook. New York, EUA: CRC Press, 2008.
- [32] AZEREDO, N. G.; ALEXANDRE, J.; AZEVEDO, A. R. G. Diagnóstico da matéria-prima argilosa empregada na produção de blocos cerâmicos estruturais em campos dos Goytacazes-RJ, Brasil. Proceedings of Safety, Health and Environment World Congress, v. v14(2014), p. 301-304, 2014.
- [33] SANTOS, P. S. Ciência e Tecnologia das Argilas. v.01. 2 ed. Revista e ampliada. São Paulo: Edgard Blücher, 1992.
- [34] PRACIDELLI, S. F.; MELCHIADES, F. G. Importância da composição granulométrica de massas para cerâmica vermelha. Cerâmica Industrial. 2, 01-02 (1997). 31-36.
- [35] DONDI, M. (2003). Technological characterisation of clay materials: experimental methods and data interpretation. *International Ceramics Journal (Testo Stampato)*, 55-59.
- [36] ZANOTTO, E. D.; MIGLIORI JR., A. R. Propriedades Mecânicas de Materiais Cerâmicos. Cerâmica 31 (1991). 7-16.