

## ESTUDO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DE PRODUTOS CERÂMICOS EM FUNÇÃO DA POROSIDADE

Ricardo Peixoto Suassuna Dutra<sup>1</sup>

Luiz Renato de Araújo Pontes<sup>1</sup>

Salustiano Miguel Souza Alves<sup>2</sup>

Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia, Departamento de Tecnologia Mecânica,  
<sup>1</sup>Laboratório de Materiais e Produtos Cerâmicos (LMPC), [Impc@lsc.ct.ufpb.br](mailto:Impc@lsc.ct.ufpb.br), <sup>2</sup>Laboratório de Ensaaios de Materiais e Estrutura (LABEME), João Pessoa - PB, Brasil.

**Resumo.** A porosidade é uma das características mais importante dos materiais sinterizados. Essa propriedade, dependendo da aplicação do material, pode ser necessária ou não. Nos materiais cerâmicos elétricos e magnéticos são indesejáveis e devem ser evitados. Entretanto, são necessários em outros materiais, tais como isolantes térmicos e mancais fabricados pela metalurgia do pó. Esse trabalho foi desenvolvido com o objetivo de analisar propriedades como: perda ao fogo, retração linear, absorção de água, massa específica aparente, resistência à flexão, em função da porosidade - após a incorporação de produtos orgânicos aos corpos de prova - e da temperatura de sinterização. Os resultados indicam que todas as propriedades sofreram razoáveis modificações com a adição do material orgânico, merecendo destaque à diminuição da porosidade e da absorção de água e aumento da massa específica aparente e resistência à flexão com o aumento da temperatura de sinterização.

*Palavras-chave:* argila, materiais cerâmicos, porosidade.

### 1. INTRODUÇÃO

Os materiais cerâmicos podem ser fabricados a partir de matérias-primas naturais, beneficiadas e sintéticas. As naturais, em sua grande maioria, são utilizadas para fabricação das cerâmicas tradicionais, ou seja, na fabricação de tijolos, pisos, telhas; na qual a matéria-prima mais utilizada é a argila. O segundo grupo, das beneficiadas, são utilizadas para determinado uso específico como, por exemplo, o caulim para cobertura de papel. Essas matérias-primas passam por processos de purificação a fim de obter propriedades desejáveis para seus usos. As sintéticas são utilizadas para fabricação das cerâmicas avançadas, ou seja, aquelas que obedecem a propriedades particulares como, por exemplo, as eletrônicas com alta constância dielétrica.

A razão de ser da cerâmica, assim como sua importância econômica, baseia-se no fato de que a queima das massas, previamente moldadas, provoca uma modificação completa de suas propriedades, dando lugar a um material duro, resistente a água e outros produtos químicos, e que pode possuir algumas características bastante variadas (Barba, A. et al., 1997). Dentre essas características a porosidade é a característica mais importante dos materiais sinterizados. Dependendo da aplicação, a presença de poros pode ser importante ou não (GOMES, 1989).

Os poros constituem uma das características microestruturais de muitos materiais. Nos materiais cerâmicos elétricos e magnéticos, são indesejáveis e devem ser evitados. Entretanto, são necessários em outros materiais, tais como isolante térmico e mancais fabricados pela metalurgia do pó. Mesmo quando são desejáveis, a quantidade, o tamanho, a forma e a distribuição dos mesmos devem ser controlados a fim de produzir materiais com propriedades ótimas (VAN VLACK, 1970).

Existem várias técnicas de processamento que podem ser usadas para a preparação de cerâmicas porosas. Um dos primeiros métodos desenvolvidos, e que ainda hoje é largamente usado, consiste na incorporação de produtos orgânicos dentro dos corpos cerâmicos, os quais são

removidos durante a queima deixando poros cujo tamanho está relacionado com o tamanho das partículas dos agentes orgânicos (LEMOS, 2001).

Este trabalho tem como objetivo analisar algumas das propriedades físico-mecânicas dos corpos de prova porosos desenvolvidos a partir da incorporação do pó de madeira à argila, como também observar o comportamento desse material com a variação da temperatura de sinterização.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização deste estudo foi utilizada uma argila natural proveniente do município de Alhandra, situado no litoral paraibano, a qual foi caracterizada anteriormente (Dutra, R.P.S., 2001). A matéria-prima foi moída, a seco, em um moinho de bolas, a fim de desaglomerá-la. Após 10 minutos de moagem o material passado na peneira ABNT N°80 (abertura 0,177mm) foi acondicionado em um recipiente para futuros ensaios.

O pó de madeira proveniente de uma marcenaria de João Pessoa foi passado na peneira ABNT N°40 (abertura 0,42mm) e também acondicionado.

Posteriormente foram feitas as misturas dos materiais nas seguintes proporções: 10,20 e 30%, em peso, de pó de madeira adicionado à argila. Daí, os corpos de prova foram moldados com dimensões de 6 X 2 X 0,5cm por prensagem à 200Kg/cm<sup>2</sup> numa prensa uniaxial. A secagem dos corpos de prova realizou-se em uma estufa elétrica à 110°C durante 24h. A queima das peças cerâmicas foi realizada em um forno elétrico MAITEC, em uma atmosfera oxidante, taxa de aquecimento de 120°C/h e temperaturas de 1100,1150 e 1200°C e patamar final de 1h.

A porosidade aparente, a absorção de água e a massa específica aparente foram determinadas pelo método de Arquimedes. Neste método os corpos de prova são imersos em água destilada em ebulição, e deixados por 2h. Após esfriarem são feitas medidas do peso saturado ( $P_{SAT}$ ) e do peso imerso ( $P_I$ ) em uma balança analítica hidrostática. Inicialmente é medido o peso seco ( $P_S$ ) dos corpos de prova. O cálculo destas propriedades foi determinado pelas seguintes equações:

$$PA(\%) = \text{Porosidade aparente} = \frac{P_{SAT} - P_S}{P_{SAT} - P_I} * 100 \quad (1)$$

$$AA(\%) = \text{Absorção de água} = \frac{P_{SAT} - P_S}{P_{SAT}} * 100 \quad (2)$$

$$MEA(\text{g/cm}^3) = \text{Massa específica aparente} = \frac{P_{SAT}}{P_{SAT} - P_I} * 100 \quad (3)$$

Por outro lado, pode-se avaliar o comportamento do material durante a queima mediante a variação de sua retração linear com a temperatura, sendo determinada pela Eq. (4):

$$RL(\%) = \text{Retração linear} = \frac{L_S - L_Q}{L_Q} * 100 \quad (4)$$

onde,  $L_S$  é o comprimento inicial da peça seca a 110°C e  $L_Q$  o comprimento da peça após a etapa de queima.

Outra propriedade complementar para avaliação do comportamento do material durante a queima é a perda ao fogo, a qual foi determinada pela Eq. (5) seguinte:

$$PF(\%) = \text{Perda ao fogo} = \frac{P_s - P_Q}{P_Q} * 100 \quad (5)$$

onde,  $P_s$  é o peso da peça seca e  $P_Q$  o peso da peça queimada.

A resistência à flexão expressa a tensão máxima em um material não-dúctil como sendo na fibra externa, num carregamento em três pontos. Neste caso, a resistência mecânica se calcula a partir da Eq. (6):

$$RF \text{ (MPa)} = \text{Resistência à flexão} = \frac{3FL}{2bd^2} \quad (6)$$

onde,  $F$  é a força de ruptura,  $b$  e  $d$  são as dimensões de seção transversal e  $L$  é a distância entre os apoios.

### 3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Na Tabela (1) são apresentados os resultados da perda ao fogo (PF) e da retração linear (RL). Pode ser observado que com o aumento da quantidade de pó de madeira à argila, tem-se um aumento dessas propriedades.

Tabela 1. Resultados experimentais: perda ao fogo e retração linear

Temperaturas		1100°C		1150°C		1200°C	
Propriedades		PF (%)	RL (%)	PF (%)	RL (%)	PF (%)	RL (%)
Misturas	0%	10,10	5,14	10,96	7,79	13,24	9,44
	10%	19,49	5,64	21,28	7,93	23,27	9,57
	20%	29,11	5,78	31,38	8,70	30,47	10,16
	30%	38,92	6,42	42,04	8,85	38,96	10,21

A variação dessas propriedades (PF e RL) em relação à variação de temperatura pode ser comparada na Fig. (1).

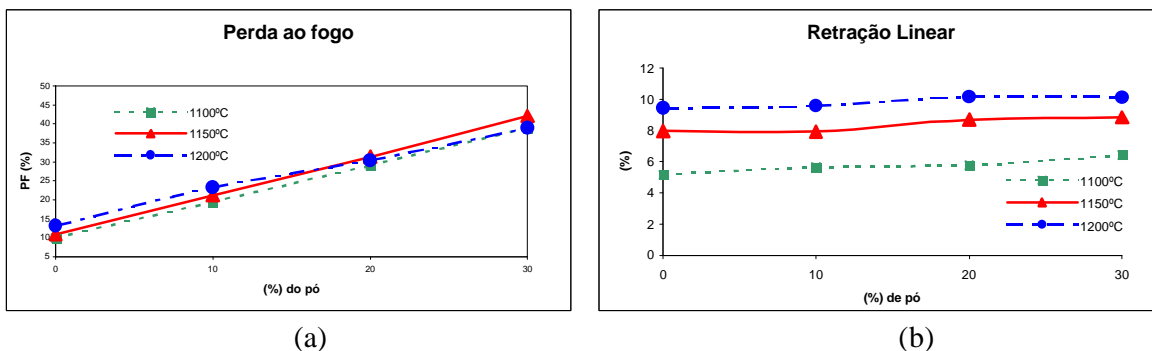


Figura 1. (a) Gráfico da perda ao fogo e (b) Gráfico da retração linear

Os materiais cerâmicos podem apresentar tanto poros abertos quanto fechados. A porosidade aparente (PA) e a absorção de água (AA) quantificam somente o volume dos poros fechados, ou seja, os poros que não tem contato com a superfície externa do material. Na Tab. (2) são apresentados os resultados da porosidade aparente e da absorção de água com relação à quantidade de pó de madeira e da temperatura de sinterização.

Tabela 2. Resultados experimentais: porosidade aparente e absorção de água

Temperaturas		1100°C		1150°C		1200°C	
Propriedades		PA (%)	AA (%)	PA (%)	AA (%)	PA (%)	AA (%)
Misturas	0%	28,13	12,79	22,16	9,64	17,51	7,41
	10%	34,77	18,61	34,74	16,86	30,98	14,69
	20%	50,88	25,33	44,82	23,65	41,67	21,45
	30%	54,86	31,30	51,71	29,01	49,47	27,12

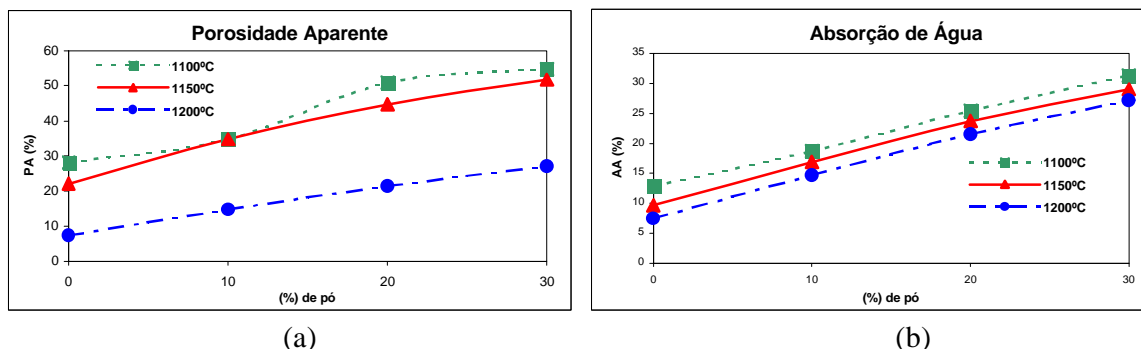


Figura 2. (a) Gráfico da porosidade aparente e (b) Gráfico da absorção de água

A massa específica aparente (MEA) e a resistência à flexão (RF) estão diretamente relacionadas, de modo que, quando se aumenta a quantidade de pó de madeira diminui a MEA e a RF. É importante observar na Tab. 3 e na Fig. 3 o fator temperatura para essas propriedades.

Tabela 3. Resultados experimentais: massa específica aparente e resistência à flexão

Temperaturas		1100°C		1150°C		1200°C	
Propriedades		MEA (g/cm <sup>3</sup> )	RF (MPa)	MEA (g/cm <sup>3</sup> )	RF (MPa)	MEA (g/cm <sup>3</sup> )	RF (MPa)
Misturas	0%	1,92	25,0	2,08	37,7	2,19	52,1
	10%	1,52	19,7	1,71	32,5	1,80	34,2
	20%	1,50	8,4	1,45	18,1	1,53	22,6
	30%	1,20	4,7	1,27	11,7	1,33	15,0

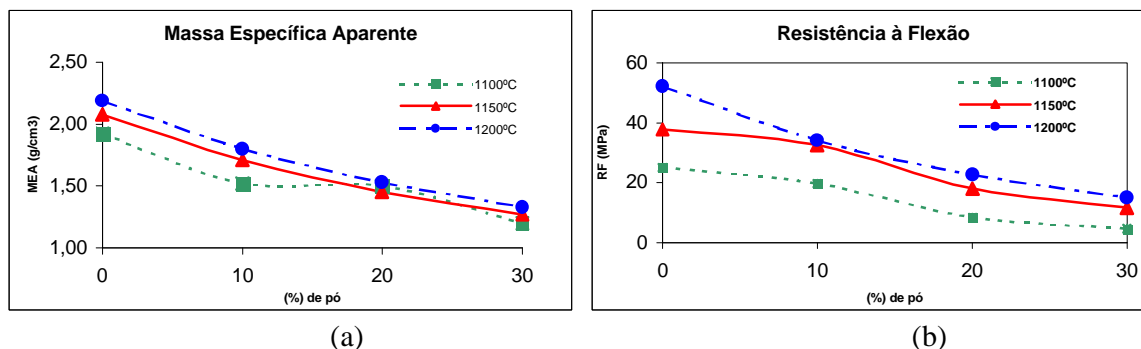


Figura 3. (a) Gráfico da massa específica aparente e (b) Gráfico da resistência à flexão

#### 4. CONCLUSÕES

A incorporação de produtos orgânicos a argila é um excelente método quando se deseja trabalhar a porosidade de um material cerâmico. No nosso caso, o pó de madeira por apresentar boa trabalhabilidade e facilidade de mistura com a argila foi de fundamental importância para o desenvolvimento do trabalho.

Pelos resultados apresentados e discutidos, conclui-se que as propriedades determinadas se comportaram de maneira esperada. No entanto, existe a necessidade de um estudo mais detalhado em termos do uso desses materiais, podendo, também, observar outras condições de processamento como, por exemplo, trabalhar com uma temperatura mais elevada e variar da taxa de aquecimento durante a queima do material.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES e aos técnicos, do LMPC, Delby F.de Medeiros Filho e Euclides Gomes Nunez pelas suas colaborações.

#### 6. REFERÊNCIAS

- BARBA, A. et al., 1997, “Materiais primas para la fabricación de soportes de baldosas cerámicas”, Instituto de Tecnologia Cerámica, Espanha, 256p.
- DUTRA, R.P.S., PONTES, L.R.A., 2001, “Estudo das características de argilas no litoral paraibano”, Anais do 45º Congresso Brasileiro de Cerâmica.
- GOMES, U.U., 1989, “Tecnologia dos pós: fundamentos e aplicações” Ed. Universitária da UFRN, Natal, Brasil, 134p.
- LEMOS, A.F., FERREIRA, J.M.F., 2001, “Novo método de preparação de corpos macroporosos de cordierita”, Anais do 45º Congresso Brasileiro de Cerâmica.
- VAN VLACK, L.H., 1970, “Princípios de ciências dos materiais”, Ed. Edgard Blucher, São Paulo, 292p.

#### 7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

### STUDY OF THE PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF CERAMIC PRODUCTS IN FUNCTION OF POROSITY

*Abstract.* Porosity is the most important characteristic sintered materials. Is depending on material application it can be necessary or not. In electric and magnetic ceramic materials, such as thermal and insulating manufactured mech by the metallurgy of the powder. This work was developed with the objective of analyzing ceramic samples properties as: loss to fire, lineal retraction, absorption of water, apparent specific mass, flexion resistance, in unction of the porosity and of the sintering temperature. Porosity was introduction wood powder. Results indicate that all the properties suffered reasonable modifications with the addition of the organic material. Deserving prominence to the decrease of the porosity and of the absorption of water and increase of the apparent specific mass and flexion resistance with the increase of the sintering temperature.

**Keywords:** clay, ceramic materials, porosity.