

## **CARACTERIZAÇÃO TÉRMICA E PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DE UMA MASSA CERÂMICA INDUSTRIAL DA REGIÃO DE IELMO MARINHO (RN)**

**Daniel Araújo de Macedo, damaced@gmail.com<sup>1</sup>**

**Jean Carlos Silva Andrade, lp\_jeandrade@yahoo.com.br<sup>1</sup>**

**Rogério César de Almeida Pinto, roger\_materiais@yahoo.com.br<sup>2</sup>**

**José Carlos Calado Sales Júnior, jccalado@gmail.com<sup>1</sup>**

**João Moreno Vilas Boas de Souza Silva, joamorenovilasboas@gmail.com<sup>2</sup>**

**Pedro Alighiery Silva de Araújo, pedro\_alighiery@yahoo.com.br<sup>1</sup>**

**Carlos Alberto Paskocimas, paskocimas\_ca@hotmail.com<sup>1,2</sup>**

**Rubens Maribondo do Nascimento, rmaribondo@ufrnet.br<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Brasil

**Resumo:** *Este trabalho teve como objetivo estudar o comportamento térmico e as propriedades tecnológicas de uma massa cerâmica formulada em escala industrial para a produção de blocos cerâmicos que atendam as especificações para alvenaria de vedação. A matéria-prima em estudo, proveniente de uma indústria cerâmica do município de Ielmo Marinho (RN), foi previamente submetida a ensaios de análise termogravimétrica (TG/DTG), análise térmica diferencial (ATD), distribuição de tamanho de partícula e plasticidade. As propriedades tecnológicas dos corpos de prova extrudados em laboratório e a resistência à compressão de blocos cerâmicos provenientes da indústria foram determinadas após queima a 850, 950 e 1050 °C utilizando isotermas de 15 e 60 minutos. As propriedades tecnológicas avaliadas foram: retração linear de queima, absorção de água, porosidade aparente, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão em três pontos. Os resultados mostraram que a matéria-prima e as condições de queima utilizadas são adequadas para a produção não somente de blocos cerâmicos, mas também de telhas. A resistência mecânica máxima dos blocos foi 47% da resistência à flexão das amostras preparadas em laboratório.*

**Palavras-chave:** *massa cerâmica industrial, caracterização, propriedades tecnológicas.*

### **1. INTRODUÇÃO**

O Brasil, e em especial o estado do Rio Grande do Norte (RN) possui uma grande quantidade de indústrias de cerâmica vermelha ou estrutural que são responsáveis pela produção, em larga escala, de tijolos, blocos cerâmicos, lajotas e telhas para o setor da construção civil. O principal fator para a grande quantidade destas indústrias é a abundância de matéria-prima argilosa. Neste contexto, as argilas necessitam de um estudo detalhado de caracterização a fim de se estabelecer qual o melhor processamento a ser adotado, assim como as condições para se obter as propriedades finais desejadas (Oliveira et al, 2004; Dutra et al, 2006). As argilas são matérias-primas naturais compostas essencialmente de partículas extremamente pequenas de um ou mais membros de um certo grupo de substâncias denominadas argilominerais, que são silicatos hidratados de alumínio e/ou magnésio, contendo teores significativos de ferro, níquel, cromo e outros cátions na estrutura peculiar dos argilominerais (Rodrigues et al, 2004).

Em processos industriais é indispensável um estudo prévio acerca do tipo e das propriedades das argilas, uma vez que as propriedades do produto final estão interligadas às características iniciais da matéria-prima. Dentre as técnicas de caracterização mais utilizadas no estudo das argilas estão a difração de raios-X, a fluorescência de raios-X, as análises térmicas (termogravimetria e análise térmica diferencial), a distribuição de tamanho de partículas e as medidas de plasticidade. A união destas técnicas permite otimizar as condições de tratamento térmico e adequar a matéria-prima ao processo industrial.

Este trabalho teve como objetivo estudar as propriedades térmicas e tecnológicas de uma massa cerâmica formulada em escala industrial, proveniente de uma indústria cerâmica do município de Ielmo Marinho (RN), visando a produção de blocos cerâmicos para alvenaria de vedação. As propriedades tecnológicas dos corpos de prova extrudados em laboratório e a resistência à compressão de blocos cerâmicos provenientes da indústria foram determinadas após queima a 850, 950 e 1050 °C utilizando isotermas de 15 e 60 minutos.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização deste trabalho foi utilizada uma massa argilosa para produção de blocos de vedação proveniente de uma indústria cerâmica do município de Ilmo Marinho, estado do Rio Grande do Norte. A massa cerâmica estudada, utilizada para fabricação de blocos com cor de queima avermelhada, foi coletada na linha de produção da indústria cerâmica após a etapa de extrusão. Alguns blocos extrudados verdes foram transportados para o Laboratório de Materiais Cerâmicos e Compósitos da UFRN, onde foram umedecidos manualmente e desintegrados para serem submetidos novamente ao processo de extrusão em uma extrusora à vácuo de laboratório. Uma parcela das peças extrudadas na indústria foi seca em estufa a 110 °C e desagregada com pilão manual para caracterização por análise termogravimétrica (TG/DTG), análise térmica diferencial (ATD), distribuição de tamanho de partícula e plasticidade. As análises TG/DTG e ATD foram realizadas em equipamento da bp Engenharia utilizando taxa de aquecimento de 10 °C/min e atmosfera de ar. A distribuição de tamanho de partícula foi realizada em um granulômetro laser CILAS 920 (faixa 0,3 µm – 400 µm) utilizando tratamento ultrassônico por 60s e detergente neutro como agente dispersante. A plasticidade da massa cerâmica foi avaliada de acordo com as normas ABNT NBR-7180 e NBR-6459, através da determinação dos índices de Atterberg: Limite de plasticidade (LP), Limite de Liquidez (LL) e Índice de Plasticidade (IP).

Os corpos-de-prova extrudados em escala industrial (blocos de vedação) e em escala de laboratório foram sinterizados em forno de laboratório (Limm – Elektro Therm) nas temperaturas de 850, 950 e 1050 °C utilizando isotermas de 15 e 60 minutos. As propriedades tecnológicas avaliadas foram: retração linear, absorção de água, porosidade aparente, massa específica aparente e tensão de ruptura a flexão em três pontos (TRF) segundo critérios previstos pela norma NBR 23828/2997.

Os blocos de vedação, avaliados apenas quanto à resistência a compressão, foram previamente capeados com argamassa de cimento e submersos em água por 24 h. Os resultados obtidos foram calculados automaticamente pelo equipamento utilizando a Eq. (1).

$$LR = \frac{F_{\max}}{S_0} \quad (1)$$

Onde:  $LR$  = Resistência a compressão;  $F_{\max}$  = Carga máxima e  $S_0$  = Área inicial da seção.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A plasticidade visualmente elevada da matéria-prima em estudo pôde ser confirmada mediante determinação do seu Índice de Plasticidade (IP). O IP dá uma indicação da variação do teor de água (%) dentro da qual a massa argilosa permanece no estado plástico, sendo função do Limite de Liquidez (LL) e do Limite de Plasticidade (LP) do material, de acordo com a Eq. (2):

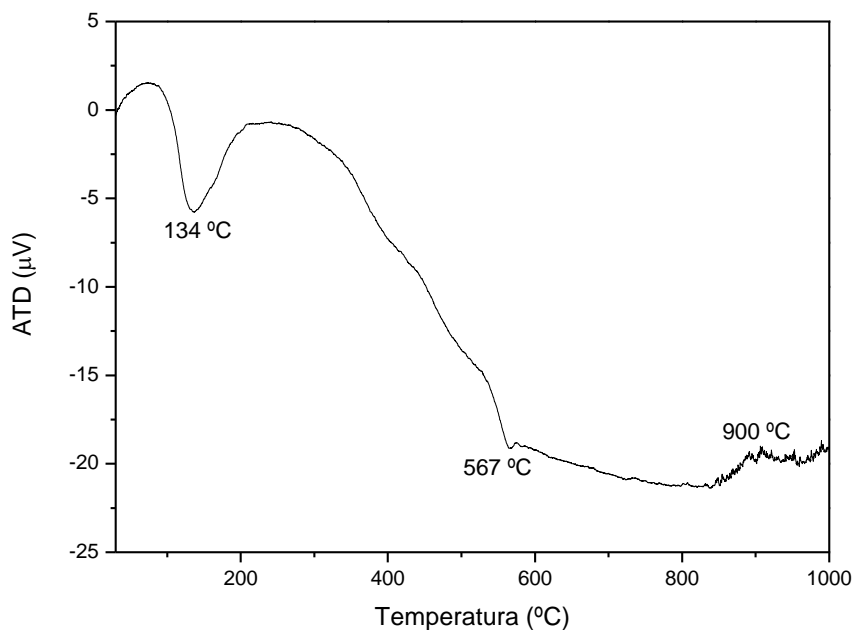
$$IP = LL - LP \quad (2)$$

Observou-se que a matéria-prima apresenta IP entre 7% a 15% (Tab. 1), sendo, portanto, caracterizada como mediamente plástica. Esta característica é fundamental no processamento de materiais cerâmicos, já que ela define os parâmetros técnicos necessários para converter, mediante aplicação de pressão, uma massa de partículas em um componente com uma dada geometria. A plasticidade encontrada para a matéria-prima em estudo a qualifica para conformação de produtos cerâmicos por extrusão ou técnicas hidroplásticas.

**Tabela 1. Avaliação da plasticidade da matéria-prima.**

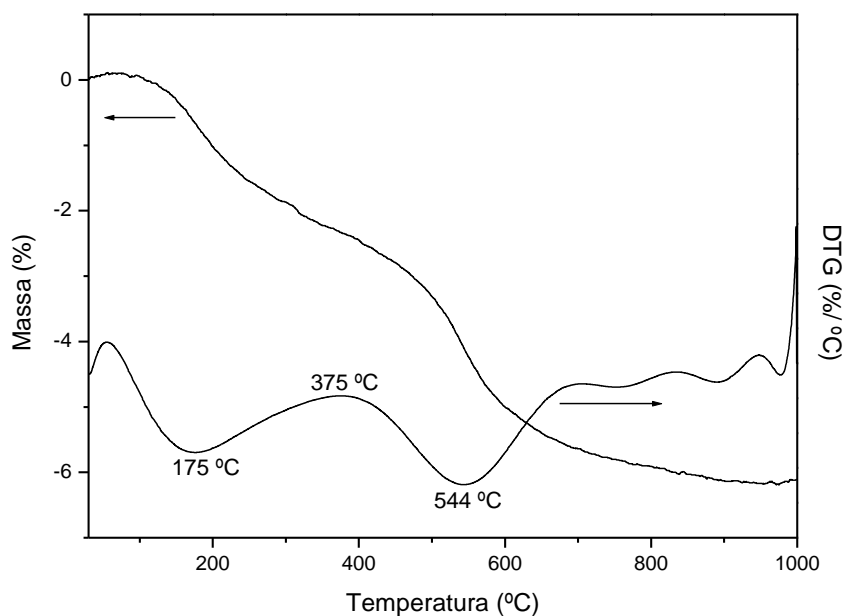
LL (%)	LP (%)	IP (%)	Classificação
32,03	22,99	9,04	Mediamente Plástica

A Figura (1) ilustra a curva de análise térmica diferencial (ATD) da matéria-prima em estudo. Esta curva possibilita a detecção de picos endotérmicos e exotérmicos (efeito devido ao ganho ou perda de entalpia) no material. O primeiro pico endotérmico a 134 °C refere-se à saída de água adsorvida fisicamente. A alta intensidade deste pico é característica de argilas que têm grande quantidade de illita ou montmorilonita. Estes minerais têm maior capacidade de conter água adsorvida nas suas moléculas, apresentando elevada plasticidade, corroborando o valor do IP. O evento endotérmico com máximo em 567 °C indica a transformação do quarto alfa para beta, acompanhado de expansão volumétrica. O pico exotérmico em torno de 900 °C refere-se à nucleação da mulita primária ( $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ ).



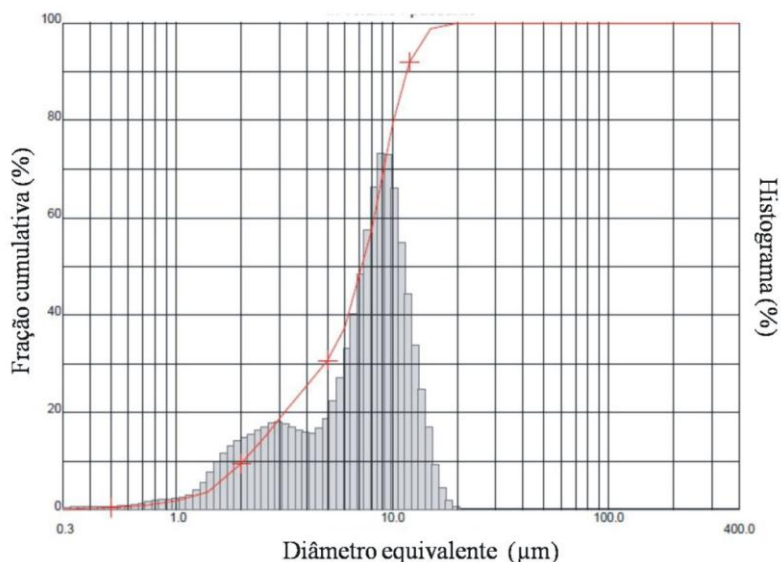
**Figura 1. Curva ATD.**

As curvas de análise termogravimétrica (TG) e sua derivada (DTG) ilustram uma redução de massa de aproximadamente 6% ocorrendo em duas etapas (Fig. 2). A primeira perda ocorre até aproximadamente 175 °C e corresponde à perda de água adsorvida, a segunda e maior perda de massa se dá entre as temperaturas de 375 e 544 °C, correspondendo à eliminação de matéria orgânica e água estrutural.



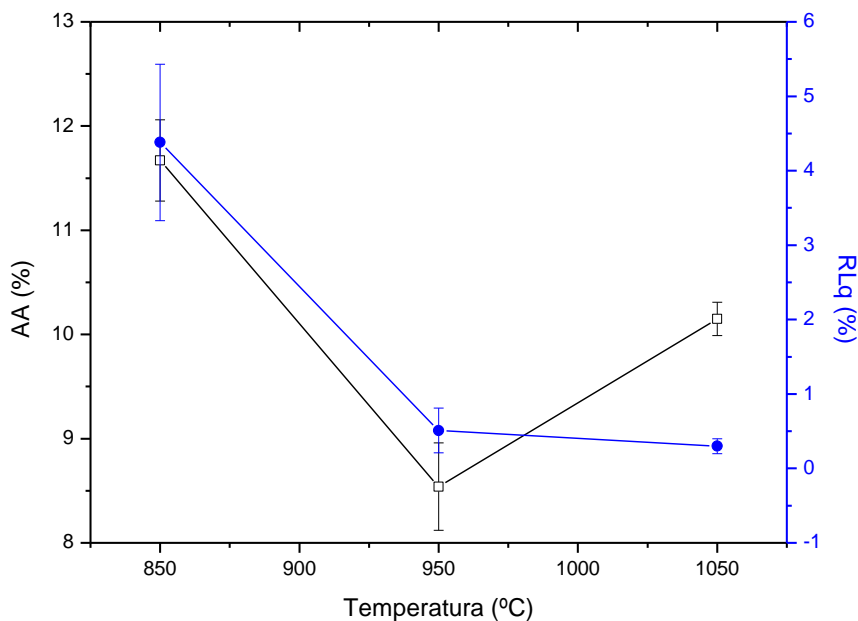
**Figura 2. Curvas TG/DTG.**

A Figura (3) ilustra a curva de distribuição granulométrica e o histograma obtidos por espalhamento (ou difração) de laser. O histograma apresenta uma larga faixa de tamanho de partícula com distribuição bimodal. O tamanho médio das partículas ( $d_m$ ) é de 7,10  $\mu\text{m}$ . A relação granulometria-plasticidade observada neste trabalho está coerente com os resultados apresentados por Dutra et al (2006) para matérias-primas com maior fração argilosa e maior plasticidade.



**Figura 3. Distribuição granulométrica e histograma.**

As Figuras (4) e (5) ilustram as curvas de gresificação para cerâmicas sinterizadas entre 850 e 1050 °C utilizando isotermas de 15 e 60 minutos, respectivamente. Estas curvas foram obtidas a partir dos valores médios de absorção de água (AA) e retração linear de queima (RLq). É possível observar que a partir de 950 °C o processo de densificação aumenta, resultando na diminuição do teor de absorção de água. Observou-se que, independentemente do patamar de queima, o aumento de temperatura proporciona diminuição da absorção de água, como uma consequência da maior formação de fase líquida a altas temperaturas, acompanhado de pequeno aumento da retração linear. O ponto de gresificação para a matéria-prima em estudo pode ser adotado como sendo 950 °C, a esta temperatura tem-se AA abaixo de 10% e RLq abaixo de 2%, para ambos os patamares de queima. A análise do extenso número de dados apresentados por Santos (1989), indica que invariavelmente os valores de RLq, obtidos para corpos-de-prova sinterizados a 950 °C estão abaixo de 3,0%, corroborando os resultados deste trabalho. Estes resultados indicam que não há restrições quanto ao uso da matéria-prima para a fabricação de tijolos, blocos cerâmicos ou telhas (absorção de água < 20 %), segundo as normas NBR 15270-1 (2005), NBR 15270-2 (2005) e NBR 15310 (2005).



**Figura 4. Curva de gresificação utilizando isoterma de 15 min.**

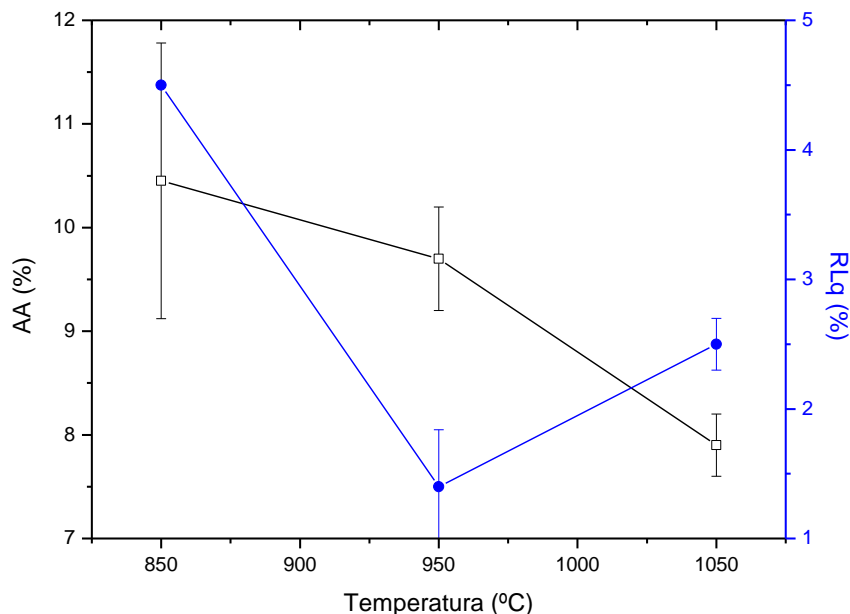


Figura 5. Curva de gresificação utilizando isoterma de 60 min.

A Figura (6) ilustra a variação da porosidade aparente (PA) com a temperatura para as isotermas de 15 e 60 minutos. Observou-se que a 850 °C o patamar de queima não tem influência significativa sobre o valor da porosidade aparente, podendo-se optar pelo menor patamar (implicando num menor gasto energético) para a obtenção de cerâmica. Por outro lado, aumentando a temperatura para 950 °C observa-se uma redução de aproximadamente 2% da PA nas peças queimadas a 60 minutos. A Figura (7) ilustra que a exemplo da porosidade aparente, a massa específica aparente (MEA) também não apresenta variação significativa para o patamar de 15 minutos, ficando em torno de 2 g/cm<sup>3</sup>. Apenas a 1050 °C observou-se um pequeno aumento da MEA caracterizado pela maior densificação no patamar de 60 minutos.

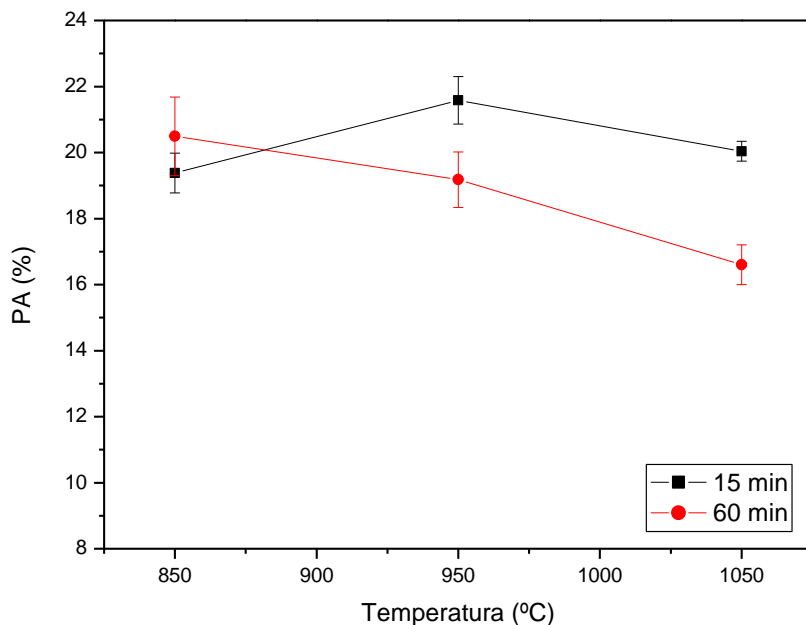
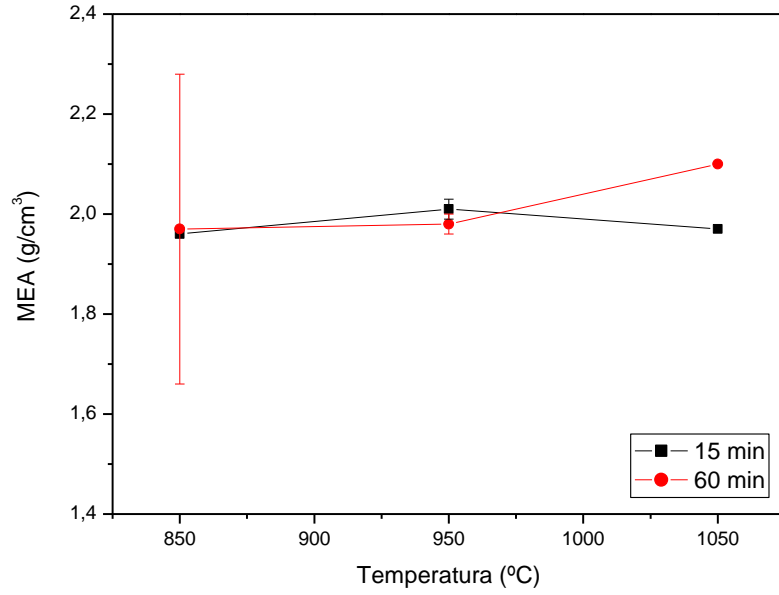
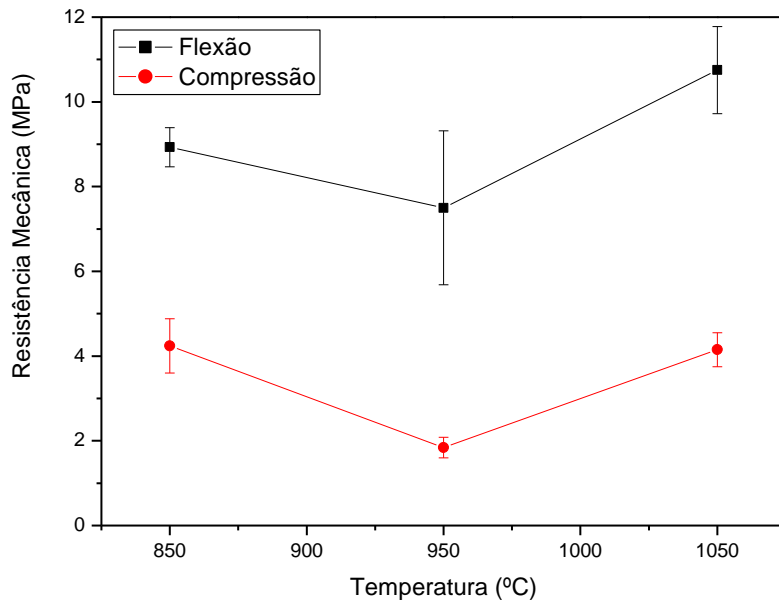


Figura 6. Porosidade aparente para cerâmicas sinterizadas em diferentes temperaturas e patamares.

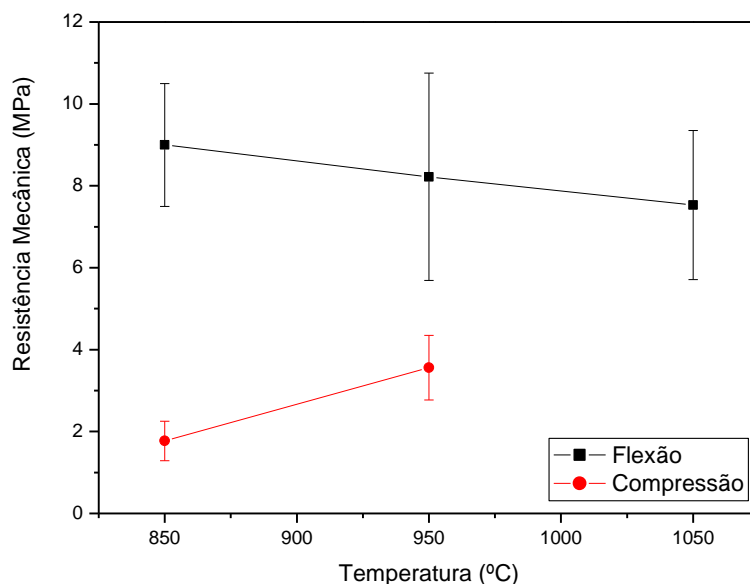


**Figura 7. Porosidade aparente para cerâmicas sinterizadas em diferentes temperaturas e patamares.**

As Figuras (8) e (9) apresentam os resultados comparativos das resistências mecânicas determinadas pela tensão de ruptura à flexão e pela compressão axial das amostras queimadas nos patamares de 15 e 60 minutos, respectivamente.



**Figura 8. Comparativo das resistências mecânicas a flexão e compressão das cerâmicas sinterizadas no patamar de 15 minutos.**



**Figura 9. Comparativo das resistências mecânicas a flexão e compressão das cerâmicas sinterizadas no patamar de 60 minutos.**

A notável redução da resistência mecânica na modalidade “compressão” é devida à maior concentração de defeitos nos blocos cerâmicos obtidos industrialmente quando comparados aos corpos-de-prova obtidos em laboratório. A resistência a compressão chega a ser 47% da resistência a flexão quando as amostras são queimadas a 850 °C por 15 minutos. Os resultados mostraram que um patamar de 60 minutos não produz efeito significativo sobre a resistência a flexão, podendo ser adotado o patamar de 15 minutos em escala industrial.

Nos ensaios de compressão foram encontrados valores que satisfazem a norma NBR 15270-1 (2005), onde a característica mecânica dos blocos cerâmicos de vedação é a resistência à compressão individual ( $f_b$ ), que atenda o valor mínimo de  $\geq 1,5$  MPa. Apenas os blocos queimados a 1050 °C por 60 minutos apresentaram uma grande quantidade de defeitos que inviabilizaram a avaliação da resistência.

#### 4. CONCLUSÕES

Este trabalho cumpriu com o objetivo de caracterização térmica (TG/DTG e ATD), granulométrica, da plasticidade (IP) e das propriedades tecnológicas de uma massa cerâmica industrial proveniente da região de Ielmo Marinho (RN). A plasticidade encontrada (IP = 9,04%) qualifica a matéria-prima como adequada para conformação de produtos cerâmicos por extrusão. De acordo com os resultados das propriedades tecnológicas é possível afirmar que os produtos cerâmicos obtidos após queima a 950 °C por 15 minutos apresentam as especificações necessárias (com menor consumo energético que aqueles obtidos no patamar de 60 minutos) para aplicação em alvenaria de vedação, sendo este o programa térmico mais indicado para a indústria cerâmica.

#### 5. REFERÊNCIAS

- Oliveira, G.E.; Holanda, J.N.F. 2004, “Reaproveitamento de resíduo sólido proveniente do setor siderúrgico em cerâmica vermelha”, *Cerâmica*, Vol. 50, nº 314, pp. 75-80.
- Dutra, R.P.S. et al. 2006, “Avaliação da potencialidade de argilas do Rio Grande do Norte – Brasil”, *Cerâmica Industrial*, Vol. 11, nº 2, pp. 42-46.
- Rodrigues, M.G.F.; Silva, M.L.P.; Silva, M.G.C., 2004. “Caracterização da argila bentonítica para utilização na remoção de chumbo de efluentes sintéticos”, *Cerâmica*, Vol. 50, nº 315, pp. 190-196.
- NBR 15310, Componentes Cerâmicos – Telhas – Terminologia, Requisitos e Métodos de Ensaio, 2005.
- NBR 15270-1, Componentes Cerâmicos Parte I: Blocos Cerâmicos para Alvenaria de Vedação – Terminologia e Requisitos, 2005.
- NBR 15270-2, Componentes Cerâmicos Parte II: Blocos Cerâmicos para Alvenaria Estrutural – Terminologia e Requisitos, 2005.
- Santos, P. S. 1989, “Ciência e Tecnologia de Argilas”. Editora Edgard Blucher Ltda, São Paulo, Brasil.

#### 6. DIREITOS AUTORAIS

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



**VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING**  
**18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil**  
*August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil*

## **THERMAL CHARACTERIZATION AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF AN INDUSTRIAL CERAMIC MASS OF THE REGION OF IELMO MARINHO (RN)**

Daniel Araújo de Macedo, [damaced@gmail.com](mailto:damaced@gmail.com)<sup>1</sup>  
Jean Carlos Silva Andrade, [lp\\_jeandrade@yahoo.com.br](mailto:lp_jeandrade@yahoo.com.br)<sup>1</sup>  
Rogério César de Almeida Pinto, [roger\\_materiais@yahoo.com.br](mailto:roger_materiais@yahoo.com.br)<sup>2</sup>  
José Carlos Calado Sales Júnior, [jccalado@gmail.com](mailto:jccalado@gmail.com)<sup>1</sup>  
João Moreno Vilas Boas de Souza Silva, [joaomorenovilasboas@gmail.com](mailto:joaomorenovilasboas@gmail.com)<sup>2</sup>  
Pedro Alighiery Silva de Araújo, [pedro\\_alighiery@yahoo.com.br](mailto:pedro_alighiery@yahoo.com.br)<sup>1</sup>  
Carlos Alberto Paskocimas, [paskocimas\\_ca@hotmail.com](mailto:paskocimas_ca@hotmail.com)<sup>1,2</sup>  
Rubens Maribondo do Nascimento, [rmaribondo@ufrnet.br](mailto:rmaribondo@ufrnet.br)<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Brasil

**Abstract.** *This work aimed to study the thermal behavior and the technological properties of a ceramic mass formulated in industrial scale for the production of ceramic bricks which meet the specifications for masonry fence. The ceramic raw material under study, from a ceramic industry in the city of Ielmo Marinho (RN), was previously analysed by termogravimetry, differential thermal analysis, distribution of particle size and plasticity. The technological properties of the specimens extruded in the laboratory and the compressive strength of ceramic bricks from the industry were determined after firing at 850, 950 and 1050 ° C using isotherms of 15 and 60 minutes. The technological properties evaluated were: linear firing shrinkage, water absorption, apparent porosity, bulk density and three point flexural test. The results showed that the ceramic raw material and the firing conditions are suitable for the production not only of ceramic bricks but also of ceramic tiles. The maximum strength of the bricks was 47% in flexural strength of samples prepared in laboratory.*

**Keywords:** *industrial ceramic mass, characterization, technological properties.*