

## REVESTIMENTOS CERÂMICOS SEMIPOROSOS OBTIDOS COM ADIÇÃO DE FONOLITOS EM MASSAS ARGILOSAS CAULÍNÍICAS \*

*Markssuel Teixeira Marvila<sup>1</sup>*

*Jonas Alexandre<sup>2</sup>*

*Afonso Rangel Garcez Azevedo<sup>3</sup>*

*Euzébio Bernabé Zanelato<sup>4</sup>*

*Sergio Neves Monteiro<sup>5</sup>*

*Gustavo de Castro Xavier<sup>6</sup>*

*Greisson Peixoto Rangel<sup>7</sup>*

### Resumo

Este trabalho tem por objetivo avaliar a possibilidade de obtenção de revestimento cerâmico prensado semiporoso utilizando misturas, por via seca, de argila caolinítica com fonolito. Foram utilizados traços contendo 20% e 40% de incorporação de fonolito em peso em relação a massa cerâmica em duas granulometrias distintas (fonolito passado na peneira #50 e #200). Para efeito comparativo, avaliou-se uma massa cerâmica industrial proveniente do polo cerâmico de Campos dos Goytacazes e uma massa cerâmica sem incorporação de fonolito. Foram preparados corpos de prova por prensagem uniaxial calcinados em temperaturas variando entre 1050 a 1200° C. Nas amostras queimadas, foram realizados ensaios tecnológicos para determinação da retração linear, resistência mecânica (compressão diametral) e absorção de água. Os resultados mostraram que a adição de fonolito reduziu a absorção de água da argila. Além disso, o incremento do teor de fonolito e a redução de sua granulometria somente foram eficientes em temperaturas elevadas. Com isso, a incorporação de fonolito a uma argila caolinítica pode possibilitar a obtenção de revestimentos semiporosos com parâmetros melhorados. Entretanto uma ressalva deve ser feita: há necessidade de incremento da temperatura final de queima em comparação com patamares utilizados por indústrias do polo cerâmico de Campos dos Goytacazes.

**Palavras-chave:** Argila caolinítica, Fonolito, Revestimento Cerâmico Semiporoso.

### SEMIPOROUS CERAMIC COATINGS OBTAINED WITH ADDITION OF PHONOLITES IN CAULINIQUE ARGYLUS PASTS.

#### Abstract

This work aims to evaluate the possibility of obtaining a semiporous pressed ceramic coating using dry mixtures of kaolinite clay with phonolite. Traces containing 20% and 40% of fonolite incorporation by weight in relation to the ceramic mass were used in two distinct granulometries (phonolite passed in the # 50 and # 200 sieves). For comparative purposes, an industrial ceramic mass was obtained from the Campos dos Goytacazes ceramic pole and a ceramic mass without incorporation of fonolito. Uniaxial pressing specimens calcined at temperatures ranging from 1050 to 1200 ° C were prepared. In the burned samples, technological tests were carried out to determine linear retraction, mechanical strength (diametrical compression) and water absorption. The results showed that the addition of phonolite reduced the water absorption of the clay. In addition, the increase of the phonolite content and the reduction of its granulometry were only efficient at high temperatures. Thus, the incorporation of phonolite into a kaolinitic clay can make it possible to obtain semiporous coatings with improved parameters. However, a caveat must be made: there is a need to increase the final firing temperature in comparison to the levels used by the Campos dos Goytacazes.

**Keywords:** Clay kaolinite, Fonolite, Semi Porous Ceramic Flooring.

\* Contribuição técnica ao 72º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 17º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, parte integrante da ABM Week, realizada de 02 a 06 de outubro de 2017, São Paulo, SP, Brasil.

- <sup>1</sup> *Engenheiro Civil, mestrando em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*
- <sup>2</sup> *Engenheiro Civil, doutor em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*
- <sup>3</sup> *Engenheiro Civil, doutorando em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*
- <sup>4</sup> *Engenheiro Civil, doutorando em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*
- <sup>5</sup> *Engenheiro Metalúrgico, PhD em Engenharia e Ciência dos Materiais, IME, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*
- <sup>6</sup> *Engenheiro Civil, doutor em Ciências de Engenharia, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*
- <sup>7</sup> *Engenheiro civil, mestrando em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização de argilas caoliníticas como únicos componentes na massa para obtenção de revestimentos cerâmicos é inapropriada, principalmente por causa do comportamento refratário que esse tipo de material tem. Diversos trabalhos estudando as argilas da região de Campos dos Goytacazes chegaram à conclusão de que, a argila presente nessa região caracterizada por ser caoliníticas não é ideal para ser usada em revestimento cerâmico semiporosos. [1] [2]

Contraopondo a isso, as argilas fundentes ílticas são utilizadas mundialmente para fabricação de artefatos de cerâmica vermelha, sendo utilizados como único componente, ou até mesmo em associação com outros materiais [3] [4] [5]. Assim espera-se que o uso de massa cerâmica típica da região de Campos, e, portanto caoliníticas, associada com fonolito possa proporcionar a obtenção de peças de cerâmica com boas propriedades tecnológicas.

Desta forma o objetivo desse trabalho é verificar a possibilidade de obtenção de revestimento cerâmico semiporoso por via seca através da mistura de argila caoliníticas da região de Campos dos Goytacazes com fonolito agindo como material fundente.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para estudar a possibilidade da adição de fonolito em massa cerâmica caoliníticas os seguintes materiais foram utilizados: argila plástica caoliníticas proveniente do município de Campos dos Goytacazes região norte do estado do Rio de Janeiro, fonolito proveniente do polo cerâmico de Curimbaba, estado de Minas Gerais.

Os traços estudados foram os seguintes: um traço de referência obtido das cerâmicas da região de Campos que fabricam revestimento semiporosos e nomeado como massa industrial, uma mistura contendo em sua composição 100% de argila caoliníticas também utilizada para referência, e quatro traços contendo em sua composição 20% e 40% de incorporação de fonolito com duas granulometrias diferentes, passadas nas peneiras #50 e #200. A tabela 1 resume os traços empregados neste estudo.

Com exceção da massa industrial, as demais amostras recebidas foram beneficiadas, sendo triturada a seco em moinho de bolas e posteriormente peneirada, parte do fonolito em peneira #50 e parte em peneira #200, e a argila caoliníticas em peneira #40. As misturas foram então realizadas e homogeneizadas a seco em moinho de bolas por 1 hora.

**Tabela 1.** Traços estudados com suas respectivas porcentagens

Material	Traço Nomeado					
	MI	AC	A20F#50	A40F#50	A20F#200	A40F#200
Massa Industrial	100	0	0	0	0	0
Argila Caolinítica	0	100	80	60	80	60
Fonolito	0	0	20	40	20	40

Para realização dos ensaios tecnológicos foram preparados corpos-de-prova cilíndricos ( $\varphi = 31,5$  mm, com 8 mm de espessura) por prensagem uniaxial a 25MPa mantendo-se 8% de umidade. Os corpos-de-prova foram secos em estufa a 110°C

por 24 horas. A queima foi realizada em forno de laboratório nas temperaturas de 1050 a 1200°C, com intervalos de 50°C. A taxa de aquecimento empregada foi de 10°C/min, com 6 min de permanência na temperatura de patamar. O resfriamento foi realizado desligando-se o forno e aguardando que a temperatura caísse.

Após queima, as amostras foram submetidas aos seguintes ensaios tecnológicos: retração linear, absorção de água e resistência mecânica, avaliada pela determinação da compressão diametral.

A retração linear foi obtida através da determinação do comprimento das amostras antes e após queima utilizando um paquímetro digital. A absorção de água foi obtida através do método da fervera, determinando o peso das amostras secas e saturadas com água. E por fim a tensão de ruptura à flexão foi determinada em máquina universal de ensaios com uma velocidade de aplicação de carga de 0,5 mm/min. A resistência a compressão diametral é obtida empregando a seguinte expressão:

$$\sigma = \frac{2P}{\pi\Phi e}$$

Onde:

P= carga de ruptura em N;

Φ=diâmetro do corpo de prova em mm;

e= espessura do corpo de prova em mm;

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

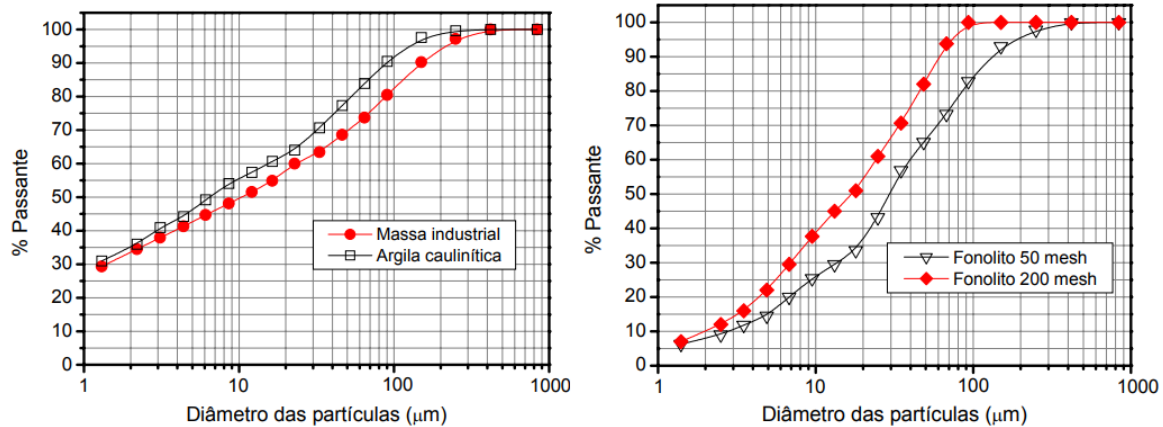
A tabela 2 apresentada a análise química das matérias-primas estudadas. Destaca-se que a argila caolinita apresenta elevados teores de alumina e baixo percentual de sílica, além de apresentar baixas quantidades de óxidos fundentes e elevada perda ao fogo. Comparada com a argila caolinítica, a massa industrial apresenta baixo teor de alumina e elevado teor de sílica, apresentando também elevados teores de óxidos fundentes (K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O) e baixo valor de perda ao fogo. Por último o fonolito apresenta elevado percentual fundente destacado pelo alto teor de óxidos fundentes que existe em sua composição.

**Tabela 2.** Análise Química das Matérias-Primas.

Óxidos	Argila Caulínitica	Massa Industrial	Fonolito
SiO <sub>2</sub>	50,12	66,42	54,23
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25,18	15,7	21,78
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,79	5,87	3,45
TiO <sub>2</sub>	1,23	0,64	0,61
CaO	0,37	0,38	1,43
MgO	1,04	1,76	0
Na <sub>2</sub> O	0,48	1,03	7,12
K <sub>2</sub> O	1,87	3,41	8,26
PF	10,3	4,52	2,45

A Figura 1 apresenta as curvas de distribuição de tamanho de partícula das matérias-primas estudadas. Observa-se que a argila caoliníticas apresenta uma granulometria um pouco mais fina que à massa industrial. Isso provavelmente ocorreu porque a massa MI apresentada provém de moagem industrial enquanto a argila caolinítica estuda foi tratada e moída em laboratório. O tamanho médio de partícula da argila caolinítica e da massa cerâmica industrial é de respectivamente

6,51 e 10,63  $\mu\text{m}$ . Já o fonolito apresenta-se com duas granulometrias distintas. O fonolito mais fino foi triturado em moinho de bolas até passagem em malha de # 200 (75  $\mu\text{m}$ ) e o mais grosseiro foi passado na peneira # 50. O tamanho médio de partícula do fonolito F # 50 e F # 200 é de 17,0 e 29,8  $\mu\text{m}$ , respectivamente



**Figura 1.** Distribuição Granulométrica das matérias-primas estudadas

As Figuras 2 e 3 apresentam o comportamento da absorção de água e da retração linear dos traços estudados em função da temperatura de queima, respectivamente. Observando a Fig. 3, é fácil comparar o comportamento da argila caolinítica com a massa cerâmica industrial de revestimento semiporoso. A argila caolinítica apresenta valores muito superiores de absorção de água em todas as temperaturas avaliadas. Este comportamento é bem conhecido na literatura sendo associado à maior fundência de argilas ilíticas em comparação com argilas caoliníticas [1] [2] [4]. A incorporação de fonolito, material considerado fundente devido ao elevado teor de óxidos alcalinos, possibilitou uma redução dos valores de absorção de água em comparação com a argila pura. O fonolito foi incorporado à argila caolinítica em duas granulometrias diferentes, < # 50 e < # 200, e em duas proporções, 20 e 40% em peso. Nas temperaturas iniciais avaliadas, o menor teor de fonolito incorporado, 20%, foi mais eficiente na redução da absorção de água em comparação com maiores quantidades, 40%. Apesar do incremento de óxidos alcalinos com o aumento de fonolito incorporado, observado na Tabela 2, o aumento da absorção de água pode ser atribuído principalmente ao menor grau de compactação obtido. Observa-se também que a redução da granulometria do fonolito só foi eficiente em temperaturas acima de 1150° C. Apesar da redução da absorção de água com incorporação de fonolito, os valores obtidos são superiores à massa industrial. Isto pode ser atribuído à granulometria extremamente pequena da ilita em comparação com o fonolito o que contribui para uma reatividade muito mais eficiente durante as reações que ocorrem na queima. Os menores valores de absorção de água foram obtidos obviamente na temperatura de queima mais elevada, ou seja, de 1200°C para a massa industrial seguido do traço AC40F#200, evidenciando que a adição de 40% de fonolito com granulometria mais fina é de fato eficiente no controle de absorção de água.

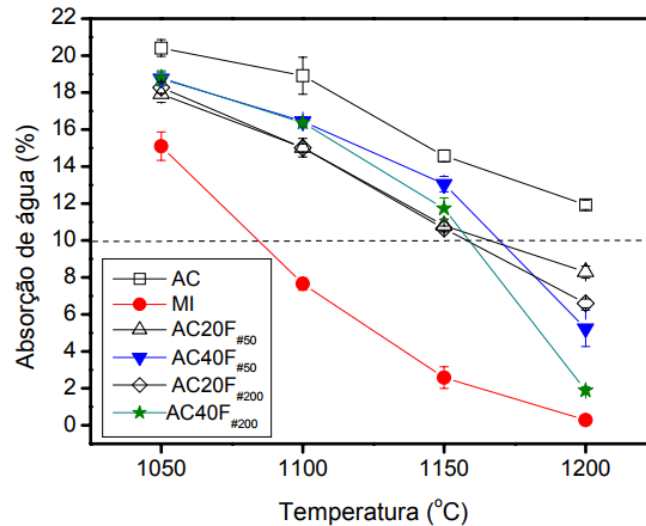


Figura 2. Absorção de água por temperatura para os traços estudados.

De acordo com a Fig. 3 observa-se que, excetuando-se a massa industrial na temperatura de 1200°C, o incremento da temperatura de queima acarreta um aumento da retração linear. Este comportamento é atribuído ao fechamento da porosidade que possibilita uma densificação das peças acompanhada de retração. Diferentemente da absorção de água, o comportamento da retração linear da massa industrial está mais próximo das demais composições. Este comportamento é atribuído principalmente ao baixo valor de perda ao fogo que está relacionado com um incremento da retração de queima. Isto significa que, apesar da maior fundência da massa industrial, sua retração não é tão significativa em função de sua baixa perda de massa durante a queima.

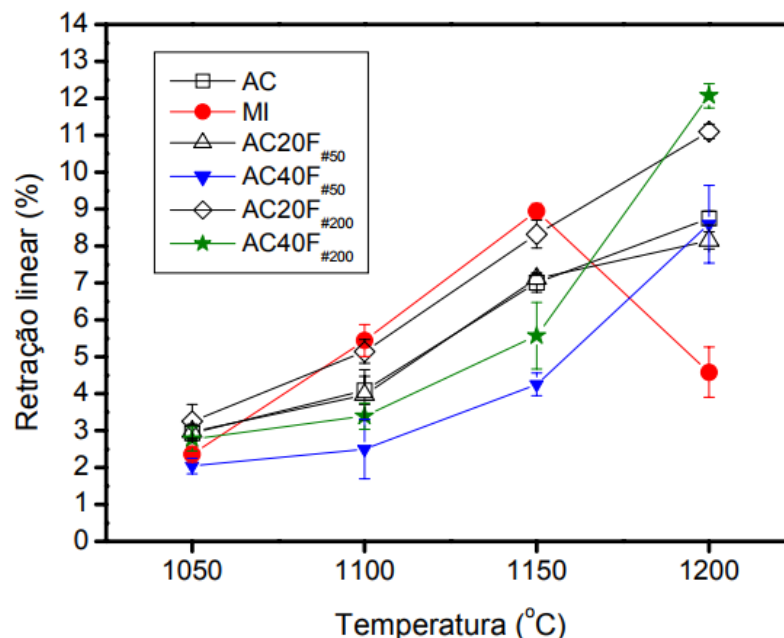


Figura 3. Retração linear por temperatura para os traços estudados.

A Figura 4 apresenta a resistência mecânica, avaliada por ensaio de compressão diametral, dos traços estudados em função da temperatura de queima. Observa-se que em função da menor porosidade, a massa industrial apresentou maiores valores

de resistência mecânica nas temperaturas de 1100 e 1150°C. A 1050°C, apesar de possuir menor porosidade, a massa industrial apresentou resistência mecânica similar à argila caulínica. Isto pode ser atribuído à maior presença de quartzo de granulometria grosseira, observado na tabela 2, que contribui para a redução da resistência mecânica [2] [5]. As composições com 40% de fonólito apresentaram menores valores de resistência mecânica até 1150°C. Assim destaca-se que a adição de fonólito foi mais efetivo para o parâmetro resistência mecânica utilizando a temperatura de queima de 1200°C. optou-se por não comparar com os valores estipulados pela norma, já que a norma toma como base a resistência à flexão, e nesse estudo foi analisado a resistência à compressão.

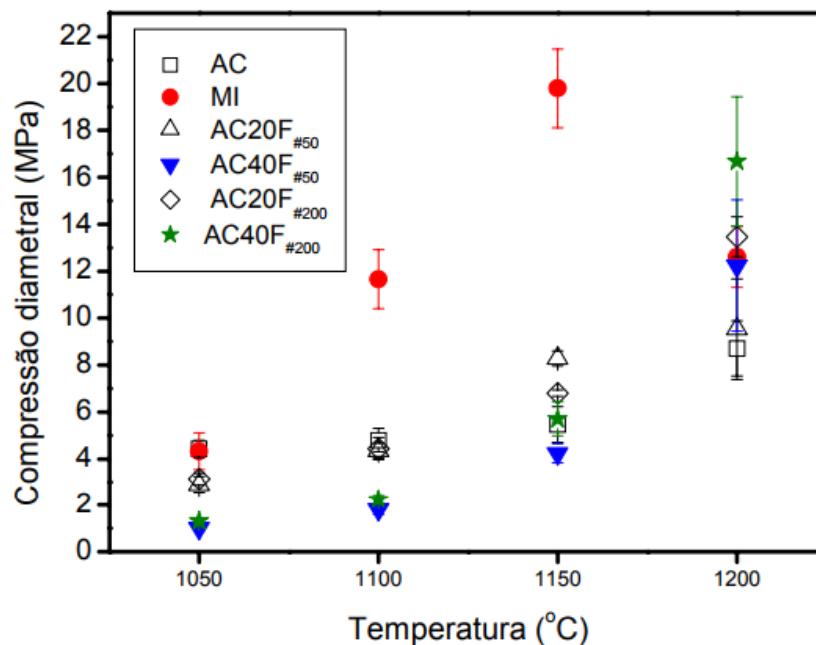


Figura 4. Resistência Mecânica por temperatura para os traços estudados.

#### 4 CONCLUSÃO

Tomando como base os resultados obtidos é possível concluir que:

- A incorporação de fonólito em 20% e 40% do peso em argila caulínica contribui significativamente para as propriedades de queima.
- Entretanto, em comparação com uma típica massa industrial de revestimento semiporoso, as composições argila caulínica/fonólito ainda apresentam algumas características químicas significativamente diferentes como uma menor relação  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  e maior PF. Esta última característica pode ocasionar o aparecimento de defeitos em uma queima industrial.
- Durante a queima, as composições com fonólito só alcançam o patamar máximo de absorção de água para revestimento semiporoso em temperaturas 80°C acima da massa industrial, e, além disso, em temperaturas de queima tipicamente utilizadas no Brasil (1080 a 1130°C), a massa industrial apresentou resistência mecânica muito acima dos traços que possuíam adição de fonólito.
- Por fim, não se recomenda aumentar a quantidade de fonólito incorporado à argila caulínica já que vai prejudicar a plasticidade e consequentemente a compactação das massas.

## REFERÊNCIAS

- 1 Vieira, C. M. F.; Monteiro, S. N.; Duailibi Filho, J. Formulação de massa de revestimento cerâmico com argilas plásticas de Campos dos Goytacazes (RJ) e taguá (SP). *Cerâmica Industrial*, v. 6, p. 43-47, 2001.
- 2 Vieira, C. M. F.; Soares, T. M.; Monteiro, S. N.; Revestimento cerâmico com granito e argila caulínica. *Cerâmica*, v.54, p. 122-127. 2004.
- 3 Dos Santos, C. V.; Chagas, A. A. P.; Castral Jr. V. Estudo da influência da proporção dos argilominerais illita/caulinita nas propriedades físicas de argilas da região de Santa Gertrudes (SP). In: Congresso Brasileiro de Cerâmica. Anais 43º, Florianópolis: Brasil, 1999.
- 4 Riella, H .G., Franjhdlich, E.U., Durazzo, M. Caracterização e Utilizaçã de Fundesntes em Massa Cerâmica. *Cerâmica Industrial*, vol. 7, pgs 33- 36, 2002.
- 5 Andrade, P M, et al. Efeito da adição de fonolito na sinterização de argila caulínica. *Revista Cerâmica*, vol 51, pgs 361-370. 2005.