



# V Seminário de Iniciação Científica

Talentos da Ciência e Tecnologia em ação

📅 Dias 26 e 27 de setembro de 2019

📍 Auditório e Pátio - Unidade II

 UNIFESSPA | PROPIT

## ESTUDO DA ADIÇÃO DE ESCÓRIA DE ALTO FORNO NA PREPARAÇÃO DE CERÂMICAS POROSAS À BASE DE CAULIM PARAENSE

Maria Eduarda Ferreira Cabral<sup>1</sup> – Unifesspa

*Dudamariafc3@gmail.com*

Adriane Damasceno Vieira de Souza<sup>2</sup> - Unifesspa

*adrianedamasceno@unifesspa.edu.br*

**Agência Financiadora:** FAPESPA

**Eixo Temático/Área de Conhecimento:** Engenharia

### 1. INTRODUÇÃO

Cerâmicas porosas são materiais de grande interesse tecnológico, pois quando utilizadas como isolante térmico, apresentam capacidade em minimizar os elevados custos com energia elétrica nas indústrias de cimento, aço e alumínio. Além disso, cerâmicas porosas apresentam potencial para aplicações em filtros de gases e de metais líquidos, suportes para catalisadores químicos e biológicos, implantes, sensores, entre outros. Geralmente, os materiais porosos são frágeis e com propriedades mecânicas inferiores aos seus equivalentes densos, portanto, melhorar suas propriedades mecânicas é um dos grandes desafios para aumentar seu uso em aplicações estruturais. O uso deste material em diversas aplicações tem sido a grande motivação para o desenvolvimento de diferentes processos de fabricação bem como a investigação sistemática de sua formulação, inclusive do tipo e quantidade de ligante usado, já que este influencia substancialmente nas propriedades mecânicas do produto final.

Em relação à incorporação de escória de alto forno (composição majoritária CaO e SiO<sub>2</sub>), pretende-se obter estruturas resistentes à densificação, pois a literatura mostra que a combinação de óxido de alumínio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), presente em grande quantidade no caulim paraense, com geradores de poros à base de CaO e SiO<sub>2</sub> pode resultar em estruturas de elevada porosidade (acima de 50 %) e com baixa tendência a sinterizar mesmo em temperaturas elevadas (1500-1650°C). Esse efeito está associado a dois fatores: 1) Reação de formação da fase mulita que é acompanhada de uma considerável expansão volumétrica devido à sua menor densidade, que dificulta a densificação das partículas e; 2) Durante o aquecimento inicial e sinterização, ocorre a formação *in situ* de uma estrutura porosa à base de hexaluminato de cálcio (CaO.6Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) com dificuldade intrínseca para densificação. Dessa forma, espera-se obter um sistema bifásico formado por uma grande quantidade de domínios bem definidos de estrutura porosa e resistente à sinterização, embebidos em uma quantidade mínima de matriz densa de elevada resistência mecânica.

---

<sup>1</sup>Graduanda em Engenharia de Materiais - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

<sup>2</sup>Doutora em Engenharia de Materiais - Professora Titular Adjunta da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (FAQUIM/ICE/Unifesspa).

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 COMINUIÇÃO DA ESCÓRIA DE ALTO FORNO (EAF)

A escória de alto forno (EAF) utilizada nesta pesquisa foi obtida na empresa SINOBRAS (Marabá-PA). Inicialmente a EAF encontrava-se de uma forma grosseira e densa, desta forma, a EAF precisou passar pelo processo de britagem e moagem, com intuito de diminuir o tamanho de partículas.

Após o material ter sido transformado em pó, foi passado em uma peneira de 60 mesh, com intuito de utilizar esse material juntamente com o caulim paraense para preparação das estruturas cerâmicas.

### 2.2 Preparação das estruturas cerâmicas

As matérias-primas foram caracterizadas e após essa etapa foram confeccionadas as estruturas cerâmicas. Foram feitas duas formulações com a escória de alto forno e caulim (10% de EAF e 90% de Caulim; 30% de EAF e 70% de Caulim).

As matérias primas foram misturadas nas diferentes proporções em moinhos de bolas, contendo o ligante orgânico PVA (Vetec CSD 476) e água destilada. Em seguida, a mistura foi seca em estufa a 80 °C durante 24h. As amostras foram então prensadas uniaxialmente (pressão de 5 toneladas) na forma de barras retangulares (7 x 20 x 60 mm). Em seguida as amostras foram sinterizadas em 1000 e 1250 °C.

### 2.3 Caracterização das estruturas cerâmicas

As estruturas cerâmicas obtidas foram caracterizadas em relação ao módulo elástico pela técnica de ressonância de barras (equipamento Sonelastic, ATCP, Brasil) de acordo com a norma ASTM C 1198-91 e a porosidade aparente foi medida através do método de Arquimedes.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Caracterização do caulim *in natura*.

O caulim estudado trata de um material cristalino, onde a fase majoritária presente é a caulinita. As partículas apresentam diâmetro médio de 3,25  $\mu\text{m}$  e área superficial específica (ASE) de  $8,80 \pm 1,0$ , isso permite que a sinterização ocorra mais facilmente e em temperaturas menores quando forem usadas na preparação de peças cerâmicas.

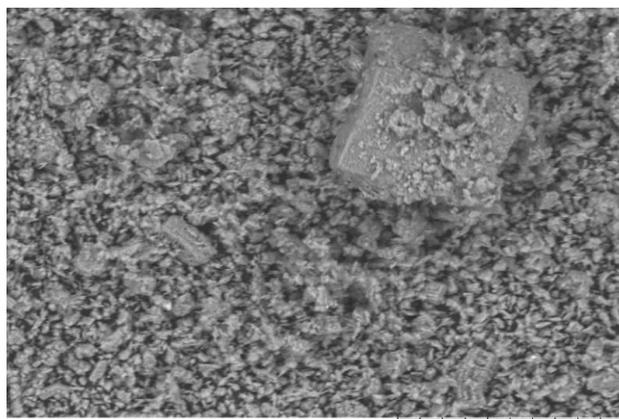
Em relação à composição, observa-se que o caulim é constituído majoritariamente por  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (37,32%) e  $\text{SiO}_2$  (47,08%) apresentados na forma do mineral caulinita ( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ). Isso significa que quando submetido a tratamentos térmicos em altas temperaturas (~900) pode ocorrer a formação da fase mulita ( $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ) (Tabela 1).

Tabela 1 – Caracterização do caulim *in natura*.

Caulim	
Composição Química (% massa)	$\text{Al}_2\text{O}_3$ : 37,32; $\text{SiO}_2$ : 47,08; $\text{Fe}_2\text{O}_3$ : 0,53, $\text{Na}_2\text{O}$ : 0,19; $\text{TiO}_2$ : 0,42; $\text{P}_2\text{O}_5$ : 0,10
ASE ( $\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ )	$8,80 \pm 1,0$

TMP	3,25 / 14,05
(D50/D90 $\mu\text{m}$ )	

Através das imagens de MEV foi possível observar que o caulim é constituído de partículas com formato irregulares e ampla distribuição no tamanho médio, com presença de agregados característicos do mineral caulinita (Figura 1).

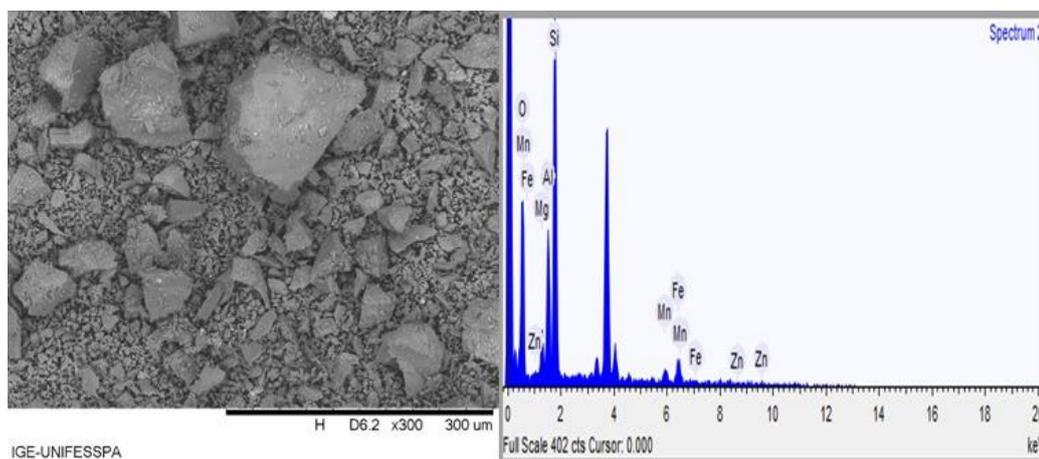


IGE-UNIFESSPA

**Figura 1:** Micrografia do caulim in natura

### 3.2 caracterização da Escória de Alto forno

Na Figura 2, observa-se que a escória de alto forno apresenta uma ampla faixa de distribuição granulométrica com partículas irregulares. Os resultados de EDS, mostram que a escória de alto forno possui em sua composição óxidos de Silício, Alumínio, Magnésio, Manganês, Ferro e Zinco.

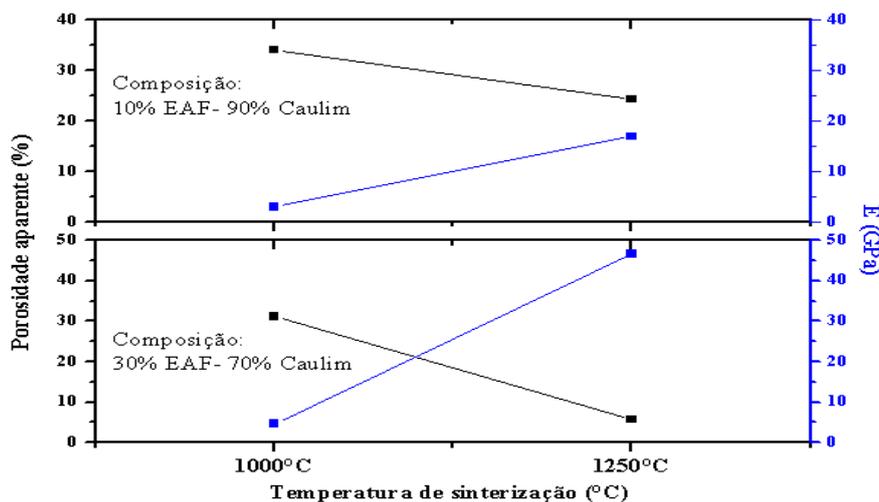


IGE-UNIFESSPA

**Figura 2.** Mev e EDS da Escória de Alto Forno

### 3.3 Caracterização das estruturas cerâmicas

A figura 3 mostra que amostras contendo 10% de EAF em estruturas cerâmicas de caulim sinterizadas a 1000 °C, obtiveram um nível de porosidade próximo a 35%. Com o aumento da temperatura para 1250°C, o nível de porosidade aparente diminuiu em torno de 10% ao mesmo tempo em que o módulo elástico aumentou. Já as amostras contendo 30% de EAF, o nível de porosidade para 1000 °C foi menor em relação as amostras contendo 10% e com o aumento da temperatura para 1250°C praticamente reduziu toda a porosidade aparente, ao mesmo tempo em que o módulo elástico teve um aumento abrupto. Esses resultados estão de acordo com o previsto na literatura, que demonstra que quanto menor é o nível de porosidade maior é a resistência mecânica.



**Figura 3:** Porosidade aparente vs Módulo elástico das cerâmicas contendo 10 e 30% de EAF sinterizadas a 1000 e 1250°C.

### 4. CONCLUSÃO

Desta forma, conclui-se que a adição de 30% de EAF em estruturas de caulim levaram a uma perda significativa de porosidade, portanto, a utilização de 30% de EAF não é interessante para o objetivo deste trabalho.

### 5. REFERÊNCIAS

- A.D.V. Souza, L. L. Sousa, L. Fernandes, P.H.L.bCardoso, R. Salomão. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Al(OH)<sub>3</sub> – Based castable porous structures. *Journal of the European Ceramic Society*, **35** (6) (2015) 1943-1954.
- ARITA, I. H.; CASTANO, V. M.; WILKINSON, D. S. Synthesis and processing of hydroxyapatite ceramic tapes with controlled porosity. *Journal of Materials Science: materials in medicine*, v. 6, p. 19–23, 1995.
- HALLSTEDL, B. Assessment of the CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> system. *Journal of the American Ceramic Society*, v. 73, n. 1, p. 15–23, Jan. 1990.