

## DESENVOLVIMENTO DE EXPERIMENTOS PARA AULAS PRÁTICAS NA DISCIPLINA “INTRODUÇÃO AOS MATERIAIS CERÂMICOS”

Guilherme Bergaro Sagula de Almeida<sup>1</sup>, Fernando do Santos Ortega<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Engenharia de Materiais, Centro universitário da FEI  
guilhermebergaro@gmail.com ferortega@fei.edu.br

**Resumo:** Este trabalho apresenta resumidamente o conteúdo referente à etapa experimental da disciplina “Introdução aos Materiais Cerâmicos”, que foi criada dentro do novo Projeto Pedagógico do curso de Engenharia de Materiais. São exploradas as práticas propostas para a disciplina, buscando-se apontar aspectos positivos e negativos de cada prática, considerando ainda a viabilidade de se concluir as práticas em um período compatível com o calendário de experimentos. Os resultados alcançados servirão de subsídio para que o professor possa sistematizar as práticas previstas na disciplina.

### 1. Introdução

Este projeto de iniciação didática propõe a introdução dos alunos aos materiais cerâmicos, apresentando suas principais características, elementos de processos de fabricação e propriedades mecânicas. O presente trabalho envolve a parte experimental da disciplina, abordando desde o tamanho e morfologia das partículas de algumas matérias primas, até ensaios de flexão em corpos-de-prova produzidos no decorrer das práticas. Busca, enfim, estudar a relação entre a microestrutura, o processamento e as propriedades dos materiais cerâmicos.

O cronograma define a elaboração de dez aulas práticas e no final de cada bimestre a elaboração de um seminário para caráter de avaliação dos conceitos desenvolvidos. O foco destas práticas é apresentar as diferenças entre dois dos principais métodos de processamento cerâmico. No primeiro bimestre estudam-se algumas variáveis envolvidas na fabricação e caracterização de barras prismáticas por compactação de pós. No segundo são estudados aspectos da conformação líquida, por colagem de barbotina.

### 2. Metodologia

Cada prática experimental foi trabalhada com o foco de tornar a disciplina mais lúdica possível. Para o desenvolvimento destas, utilizou-se Alumina, Caulim e Argila. Tal escolha é justificada pelo amplo uso destes materiais em diversos setores industriais e pela facilidade de processamento.

O primeiro bimestre foi focado em compactação uniaxial destes pós cerâmicos no formato de barrinhas de seção retangular (1). Foram medidas as densidades a verde dividindo-se a massa pelo volume das barras, calculado a partir de suas dimensões. Efetuou-se a análise térmica (TGA/DSC) mediu-se a densidade após a queima e ensaio da resistência mecânica de cada material em ensaio de flexão em três pontos (3).

O segundo bimestre foi focado na conformação por colagem de barbotina com intuito de produzir copos cilíndricos. Para este estudo foi realizado a curva de

defloculação para determinar a quantidade ideal de dispersante para desaglomerar o pó (2), foram preparados moldes de gesso e foram moldadas amostras reproduzindo os modelos utilizados. Após acabamento da peça, essas foram sinterizadas e mediu-se a densidade após a queima pelo método de Arquimedes (4), bem como a retração pós queima.

### 3. Resultados e discussões

A Tabela I apresenta as práticas experimentais que foram estabelecidas, divididas em 10 semanas.

Tabela I - Experimentos semanais.

Semana	Prática
1	Análise em estereoscópio de matérias-primas naturais e sintéticas
2	Prensagem de barras cerâmicas e determinação da densidade a verde pelo método geométrico
3	Dilatometria e ATG/DSC das amostras
4	Determinação da retração de queima e densidade final pelos métodos geométrico e de Arquimedes
5	Ensaio de flexão em 3 pontos
6	Curva de defloculação
7	Preparação de moldes de gesso
8	Conformação por colagem de barbotina
9	Acabamento e preparação para sinterização
10	Avaliação da retração de queima e densidade pelo método de Arquimedes

A seguir, são apresentados alguns dos resultados mais representativos obtidos no decorrer das práticas.

A Figura 1 apresenta os resultados de dilatometria e de análise térmica.

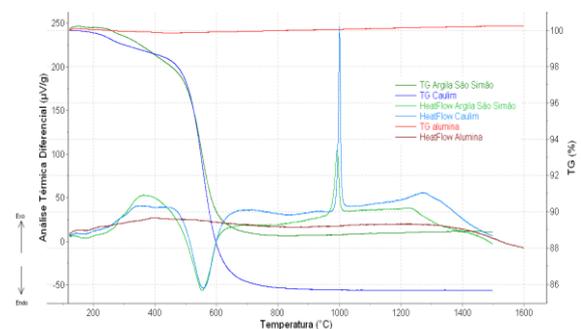


Figura 1 - Análise térmica dos materiais cerâmicos utilizados.

Por ser uma substância pura e estável, a alumina não apresentou nenhuma evento térmico significativo durante a queima. Já a Argila e o Caulim tiveram comportamentos parecidos, pois a argila possui concentração significativa de caulim em sua composição. Os principais eventos registrados foram a

perda de hidroxila (associada à perda de massa e um pico endotérmico) e transformação de fase (associada a uma reação exotérmica sem alteração na massa).

A Figura 2 mostra os valores de porosidade a verde e sinterizada das amostras produzidas por prensagem, além da porosidade sinterizada de amostras coladas.

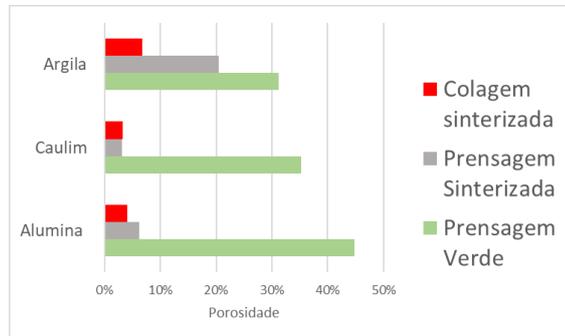


Figura 2 – Análise da porosidade por prensagem e colagem de barbotina.

Destaca-se o comportamento da Argila, que apresentou a menor porosidade a verde e a maior porosidade após queima, pois foi sinterizada em uma temperatura menor. Esse aspecto é interessante para destacar o efeito da temperatura de queima. Quanto ao processo de fabricação, a colagem de barbotina mostrou-se capaz de produzir peças com menor porosidade, decorrente de uma compactação do pó mais eficiente do que o obtido por prensagem.

Para o ensaio de flexão calculou-se o módulo de Weibull, que descreve a reprodutibilidade da resistência mecânica de peças cerâmicas. A Figura 3 relaciona a probabilidade de sobrevivência ( $S_i$ ) à tensão de ruptura ( $\sigma$ ) de barras sinterizadas produzidas por prensagem. A inclinação da reta obtida por regressão corresponde ao módulo de Weibull ( $m$ ), que será maior quanto menor for o espalhamento nos valores de resistência mecânica.

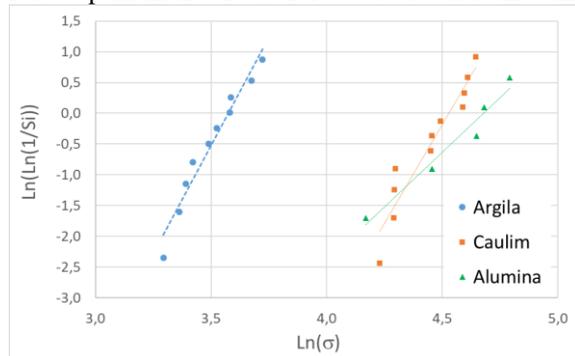


Figura 3 – Módulo de Weibull das barrinhas cerâmicas

As barras feitas de argila apresentaram os menores valores de resistência mecânica, devido à maior porosidade que, como discutido anteriormente, foi atribuída à menor temperatura de sinterização.

A conformação por colagem de barbotina foi realizada por dois métodos diferentes, possuindo como diferencial os detalhes do molde de gesso e o formato da peça. Partindo de um molde bipartido com canal de alimentação, produziu-se o chaveiro maciço logotipos

do curso de engenharia de materiais do Centro Universitário da FEI, pela técnica chamada *colagem sólida*, uma vez que a peça obtida é maciça.



Figura 5 – Produto da colagem de barbotina.

Trabalhou-se também com um molde de gesso único utilizado para produzir peças pela técnica de *colagem por drenagem*, na qual há um controle do tempo de contato entre a suspensão e o gesso para formação da parede do modelo até a espessura desejada, seguido e despejo do excedente, como pode ser observado na figura 5.

#### 4. Conclusões

Todas as práticas abordadas se demonstraram lúdicas e factíveis no período selecionado para este curso e foi demonstrado que atende às exigências de uma disciplina de nível introdutório aos materiais cerâmicos, par ao curso de Engenharia de Materiais. A ideia inicial de sintetizar o conhecimento adquirido durante o semestre por meio de dois seminários é adequada. O aluno, no final deste curso, terá conhecimento introdutório satisfatório sobre materiais cerâmicos e da relação entre o processamento e suas propriedades mecânicas. Caulim, Argila e Alumina são ideais para o trabalho com ressalva a esta última que apresentou algumas dificuldades as quais cabe ao professor decidir sua utilização ou não.

#### 5. Referências

- [1] Alberto, J. A. (2000). *A Operação de Prensagem: Considerações Técnicas e sua Aplicação Industrial*. Valência: Instituto de Tecnologia Cerâmica.
- [2] King, A. G. (2002). *Ceramic technology and processing*. Twinsburg: Noyes publications.
- [3] Harbour, D. B. (2008). *Standard test method for flexural strength of advanced ceramics at ambient temperature*. Pennsylvania: West Conshohocken.
- [4] ASTM D792-13, Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2013

#### Agradecimentos

À instituição FEI pela realização das medidas ou empréstimo de equipamentos.

Ao professor orientador Fernando dos Santos Ortega pelos ensinamentos durante a realização prática e teórica da iniciação didática

<sup>1</sup> Aluno de ID do Centro Universitário FEI (ou FAPESP, CNPq ou outra). Projeto com vigência de XX/17 a XX/18.