

DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES DE LABORATÓRIO COMO APOIO A CURSO DE TECNOLOGIA E PROCESSAMENTO DE MATERIAIS CERÂMICOS

R.A. Kobayashi, M.A.F. Monteiro, F.R.Valenzuela-Diaz, S.M. Toffoli
Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais – Escola Politécnica da USP
Av. Prof. Mello Moraes, 2463 – 05508-970 São Paulo, SP
toffoli@usp.br

RESUMO

Este artigo descreve o desenvolvimento da metodologia adotada na disciplina de Tecnologia e Processamento de Materiais Cerâmicos, ministrada aos alunos do 7º semestre do curso de Engenharia de Materiais da Escola Politécnica da USP, em colaboração com o Programa de Aperfeiçoamento de Ensino (PAE). As atividades de laboratório foram programadas dentro das atividades da monitoria PAE, realizadas por alunas da pós-graduação, sob supervisão dos professores responsáveis pela disciplina. A parte laboratorial do curso consistiu na caracterização de cinco diferentes matérias-primas através de ensaios de microscopia óptica, análise granulométrica, medida do índice de plasticidade e ensaios de reologia. Foram ainda prensados corpos de prova para ensaios de retração linear, resistência mecânica, porosidade aparente e absorção d'água. A metodologia utilizada para a execução do curso de laboratório vem sendo constantemente aperfeiçoada. As atividades de laboratório foram efetuadas com sucesso, tendo proporcionado contato da teoria com a prática.

Palavras-chave: materiais cerâmicos, curso de laboratório, graduação.

INTRODUÇÃO

A Cerâmica tem um papel importante para a economia do país, com participação no PIB (Produto Interno Bruto) estimado em 1,0%, correspondendo a cerca de 6 bilhões de dólares. A abundância de matérias-primas naturais, fontes alternativas de energia e disponibilidade de tecnologias práticas embutidas nos equipamentos industriais, fizeram com que as indústrias brasileiras evoluíssem rapidamente e muitos tipos de produtos dos diversos segmentos cerâmicos atingissem nível de qualidade mundial com apreciável quantidade exportada. O setor industrial da cerâmica é bastante diversificado e pode ser dividido nos seguintes segmentos: cerâmica vermelha, materiais de revestimento, materiais refratários, louça sanitária, isoladores elétricos de porcelana, louça de mesa, cerâmica artística

(decorativa e utilitária), filtros cerâmicos de água para uso doméstico, cerâmica técnica e isolantes térmicos. No Brasil existem todos estes segmentos, com maior ou menor grau de desenvolvimento e capacidade de produção. Além disso, existem fabricantes de matérias-primas sintéticas para cerâmica (alumina calcinada, alumina eletrofundida, carbetos de silício e outras), de vidrados e corantes, gesso, equipamento e alguns produtos químicos auxiliares.

Haja vista a importância da indústria cerâmica no país torna-se necessária a formação de profissionais da área de Engenharia com conhecimentos básicos sobre a Tecnologia e o Processamento de Materiais Cerâmicos.

O Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo possui o curso de Engenharia de Materiais. Dentro dele, a disciplina PMT2517 – *Tecnologia e Processamento de Materiais Cerâmicos* é oferecida a alunos do 7º semestre e destina-se a apresentar os métodos de caracterização de matérias-primas cerâmicas e introduzir aos alunos os principais processos de fabricação de produtos cerâmicos, tanto tradicionais como aqueles considerados de alta tecnologia. Esse objetivo é alcançado através de aulas teóricas expositivas em sala de aula, visitas técnicas a duas grandes empresas do setor cerâmico localizadas nas cercanias da Grande São Paulo, elaboração de trabalho técnico extensivo por parte dos alunos (preparação do pré-projeto de uma fábrica) e de aulas práticas por meio de atividades de laboratório.

As aulas práticas contam com o auxílio de monitores do Programa de Aperfeiçoamento de Ensino (PAE) no desenvolvimento das atividades de laboratório. O monitor PAE é obrigatoriamente um aluno da pós-graduação (mestrado ou doutorado) regularmente matriculado. O programa PAE destina-se a aprimorar a formação de alunos de pós-graduação para a atividade didática de graduação e sua composição consiste em duas etapas: Preparação Pedagógica e Estágio Supervisionado. A Etapa de Preparação Pedagógica pode ser realizada através de disciplina de Pós-Graduação, conjunto de conferências com especialistas da área de Educação, ou ainda, núcleo de atividades, envolvendo preparo de material didático, discussões de currículos, de ementas de disciplinas e planejamento de cursos, coordenadas por professores. Já a Etapa de Estágio Supervisionado em Docência é realizada especificamente em disciplinas de graduação, através de monitoria.

Em termos dos objetivos do curso, laboratórios são importantes para que o aluno: adquira habilidades práticas, adquira experiência no uso de equipamentos e

de ferramentas, participe da elaboração de projetos, realize o planejamento de experiências, estabeleça ligações entre teoria e prática, colete dados, manipule e interprete estes dados, realize observações, formule e teste hipóteses, desenvolva julgamentos pertinentes, desenvolva habilidades na resolução de problemas, comunique dados e conceitos, desenvolva habilidades pessoais, desenvolva práticas de trabalho seguras e simule a prática profissional.

A proposta deste artigo é mostrar o desenvolvimento de um curso de laboratório que permita aos alunos de graduação adquirir habilidades práticas, manusear e ter uma vivência dentro de um laboratório de cerâmica, assim como o aprimoramento de um aluno de pós-graduação, proporcionando-lhe o convívio com uma situação de aprendizado e orientação efetiva, para uma eventual futura atividade didática de graduação.

MATERIAIS E MÉTODOS

A disciplina “Tecnologia e Processamento de Materiais Cerâmicos” conta com monitores PAE desde 2007. O curso de laboratório baseia-se na caracterização de matérias-primas cerâmicas quanto às seguintes propriedades:

- Avaliação da plasticidade
 - Água de Amassamento;
 - Água de Esfarelamento;
- Preparação de corpos de prova
 - Absorção d'água;
 - Porosidade Aparente;
 - Massa Específica Aparente;
 - Tensão de Ruptura à Flexão;
 - Retração Linear;
- Curva de dispersão
- Microscopia óptica
- Distribuição granulométrica.

No primeiro semestre em que a monitoria PAE foi integrada à disciplina, os alunos foram divididos em 5 grupos com 4 alunos cada. Cada grupo recebeu cerca

de 500 g de uma matéria-prima diferente (caulim Horii, caulim Pará, argila São Simão, argila vermelha atomizada, alumina) para a realização dos ensaios de caracterização. Os alunos realizaram todos os ensaios de caracterização e produziram ao final um relatório sobre as práticas de laboratório e os resultados obtidos.

Para o segundo semestre de desenvolvimento do curso um outro modelo foi proposto, tendo em vista o resultado obtido no curso anterior. Nesse semestre, foram escolhidas apenas três matérias-primas e os alunos foram divididos em 6 grupos, de maneira que os ensaios foram replicados para cada amostra. Desta maneira, ao final do curso foi possível comparar os resultados obtidos a cada dois grupos. Deve ser destacado que ao receber o material para análise, os alunos não tinham conhecimento de que havia outro grupo trabalhando com exatamente a mesma matéria-prima.

Neste semestre corrente (1º sem/2009), devido ao pequeno número de alunos matriculados no curso, está sendo utilizada apenas uma matéria-prima e os alunos foram divididos em apenas 3 grupos. A matéria-prima escolhida foi um Taguá, da região de Jundiaí, SP, uma argila vermelha com boa plasticidade. Com apenas 3 equipes, o material entregue aos alunos foi Taguá (puro), Taguá+5% de SiO₂ e Taguá+10% de SiO₂, com a intenção de mostrar a influência do teor de sílica na matéria-prima sobre as propriedades finais das peças cerâmicas obtidas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 1 apresenta fotos obtidas através do ensaio de microscopia óptica de três matérias-primas utilizadas no primeiro semestre de desenvolvimento do curso. Este ensaio possibilitou aos alunos observarem as diferenças entre as microestruturas dos materiais estudados. Pode-se notar o formato arredondado dos grãos da argila vermelha e a presença de um furo nestes grãos, característico de materiais que passaram por um processo de atomização através de *spray drier*. É possível ainda observar a presença de contaminantes na argila São Simão e a fina granulometria da alumina.

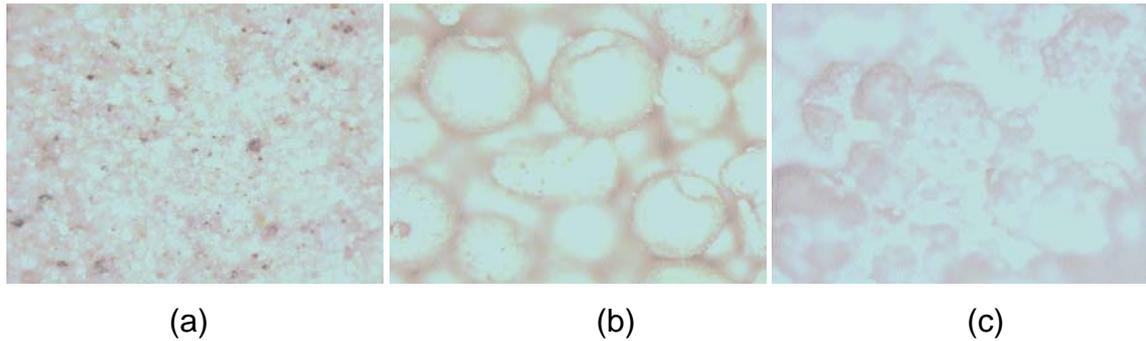


Figura 1: Microscopia óptica - (a) Argila São Simão; (b) Argila Vermelha (atomizada); (c) Alumina.

A Figura 2 apresenta corpos de prova prismáticos, nas dimensões de 60x20x5 mm³, obtidos pelos alunos a partir de três diferentes matérias-primas, prensados e queimados a 900°C. O processo de queima proporciona ao material cerâmico resistência mecânica, retração linear e volumétrica, através da eliminação de poros (sinterização), além de possibilitar a observação da cor após queima.

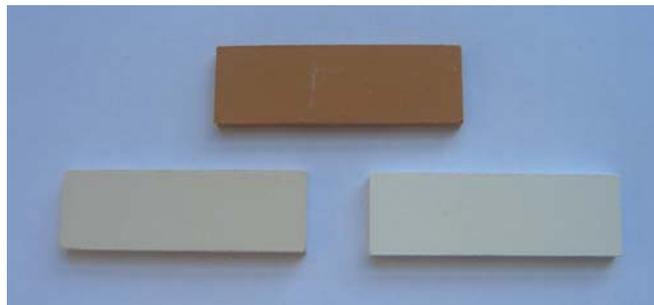


Figura 2: Corpos de prova preparados pelos alunos, após queima.

Os corpos de prova queimados foram utilizados para medir a retração linear e a tensão de ruptura a flexão (TRF), possibilitando comparar a resistência mecânica entre os materiais estudados, e assim, relacionar a influência da plasticidade a esta propriedade.

Os pedaços dos corpos de prova resultantes do ensaio de TRF foram utilizados para os ensaios de porosidade aparente, absorção d'água e MEA. Estes ensaios indicam o nível de compactação das amostras queimadas a esta temperatura.

A Figura 3 apresenta fotos dos alunos realizando as atividades propostas, no 1º semestre de 2009.



Figura 3: Alunos realizando as atividades de laboratório.

Algumas dificuldades foram encontradas no primeiro oferecimento das atividades de laboratório, como por exemplo, a preparação dos corpos de prova por prensagem. As matérias-primas de baixa plasticidade, como o caulim Horii e a alumina, foram utilizadas sem adição de plastificantes, o que dificultou muito a prensagem de corpos de prova. Mesmo após a queima, os corpos de prova apresentaram-se quebradiços e com altíssima porosidade. Também durante a avaliação da plasticidade a execução do ensaio ficou comprometida, ocasionando erros muito elevados. Devido às dificuldades observadas, no oferecimento seguinte do curso, optou-se por utilizar-se apenas matérias-primas plásticas.

Ao final do curso, para todos os semestres, a monitora PAE compilou os resultados obtidos pelos grupos em uma apresentação, a qual foi feita aos alunos numa das aulas finais do curso. A compilação possibilitou a observação dos dados relativos a todas as matérias-primas, com a intenção de compará-los. Para o primeiro semestre da experiência aqui descrita, a diversidade de matérias-primas não permitiu a comparação didática entre as propriedades das mesmas, enquanto que na segunda vez, com matérias-primas mais semelhantes, os resultados foram muito mais comparativos. Apesar disso, ficou claro também que os resultados podem variar de acordo com o grupo de alunos (e os diferentes níveis de cuidado na realização dos procedimentos experimentais), uma vez que para algumas propriedades, tais como a distribuição granulométrica do material de partida, obteve-se grandes diferenças nos valores dos resultados obtidos pelos grupos que trabalharam com a mesma matéria-prima.

CONCLUSÕES

Avaliando-se a participação dos alunos durante as aulas experimentais, pode-se concluir que o curso oferecido teve seu objetivo alcançado. Foi proporcionado aos alunos entrar em contato com diferentes materiais cerâmicos e os ensaios de caracterização de matérias-primas, além de possibilitar o manuseio e desenvolver habilidades necessárias para o trabalho em laboratório. As atividades desenvolvidas promoveram ainda um trabalho de cooperativismo entre os alunos, através do trabalho em equipe. Além disso, até mesmo as dificuldades no processamento das matérias-primas tornaram-se um ponto positivo de discussão sobre a necessidade do uso de aditivos adequados.

Cabe acrescentar que para as monitoras PAE envolvidas no desenvolvimento do curso, foi proporcionada uma oportunidade de orientação direta aos alunos, colocando-as no lugar do professor em uma aula de graduação. Tal contato exigiu articulação e dinamismo por parte das monitoras.

Fica claro também que, é necessário um aprimoramento no planejamento das aulas tendo como base os semestres anteriores – sucessos e dificuldades.

Por fim, é importante destacar a importância do estudo da ciência dos materiais para engenharia, neste caso, mais especificamente dos materiais cerâmicos, os quais além de estarem presentes em nosso dia-a-dia, também fazem parte do desenvolvimento de novas tecnologias para aplicações de alto desempenho.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Cerâmica. Disponível em: <http://www.abceram.org.br/asp/abc_0.asp> Acesso em 21 de maio de 2007.

Departamento de Engenharia de Materiais. Disponível em: <<http://www.pmt.usp.br/>> Acesso em 23 de maio de 2007.

Escola Politécnica da USP. Disponível em: <<http://www.poli.usp.br/Ensino/PosGraduacao/Contato.asp>> Acesso em 21 de maio de 2007.

FRY, H.; KETTERIDGE, S.; MARSHALL, S. (eds.). **A handbook for teaching & learning in higher education: enhancing academic practice.** 2nd ed. Londres, ING: RoutledgeFalmer, 2002.

OLIVEIRA, F.M.G.S.A.; CUNHA, J.M.F.; BORGES, G.A. **Um curso de laboratório para o ensino de controle Fuzzy**. Anais do XXXIV COBENGE. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, Setembro de 2006.

SANTOS, P.S. **Ciência e Tecnologia de Argilas**, Ed. Edgard Blücher, São Paulo, 1989.

DEVELOPMENT OF LABORATORY ACTIVITIES AS A SUPPORT TO A CERAMIC MATERIALS PROCESSING AND TECHNOLOGY COURSE

ABSTRACT

This paper describes the experimental methodology applied to an Undergraduate course of ceramic materials processing and technology, taught to 7th semester students of the Materials Engineering course at Polytechnic School, University of São Paulo (USP), Brazil, in collaboration with USP's Teaching Improvement Program (TIP). The experimental activities were programmed together with the TIP monitor, a Graduate student in the field, under the supervision of the instructors responsible for teaching the subject. The experimental activities of the course consisted on the characterization of different industrial raw-materials by optical microscopy, particle size distribution, plastic index determination and rheological analyses. Specimens were pressed and tested for their linear retraction, flexural strength, apparent porosity and water absorption. The methodology used has been constantly improved. The laboratory activities were successfully performed, making it possible the contact between theory and practice.

Key words: ceramic materials, laboratory course.