

## POROSIDADE ABERTA EM MATERIAIS CERÂMICOS SINTERIZADOS PARA USO NUCLEAR

OPEN POROSITY IN SINTERED CERAMIC MATERIALS FOR NUCLEAR USE

Ana Maria Matildes dos Santos  
Ivan Dionízio Braga  
Wilmar Barbosa Ferraz  
Fernando Soares Lameiras

Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN  
Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN  
Rua Mário Werneck s/nº - Cidade Universitária - Pampulha  
Caixa Postal 1941 - CEP 30161-970 Belo Horizonte M.G-Brasil

### ABSTRACT

Since 1982 sintered ceramic materials have been developed and characterized at CDTN/CNEN for nuclear use as  $UO_2$ ,  $(Th,U)O_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $(U,Ce)O_2$  and  $(U,Gd)O_2$ . A precious data set has been compiled in this period.

This paper presents data about open porosity versus sintered density for these materials. Due to the large number of compiled data, the graphics presented are reliable and can be useful in similar developments.

### 1. INTRODUÇÃO

A porosidade aberta é um parâmetro relevante nas cerâmicas para uso nuclear. A liberação de produtos gasosos e voláteis da fissão nuclear está intimamente relacionada com a quantidade de poros abertos. Além disso, a adsorção de substâncias indesejáveis ao desempenho de um reator nuclear depende da presença de poros abertos [1,2].

Observa-se uma relação entre porosidade aberta e densidade da peça sinterizada.

Neste trabalho são apresentados vários dados sobre a porosidade aberta em função da densidade sinterizada para materiais tais como  $UO_2$ ,  $(Th,U)O_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $(U,Ce)O_2$  and  $(U,Gd)O_2$ , dados estes acumulados durante dez anos de estudos de processamento destes materiais.

### 2. PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS E MEDIDAS

#### 2.1 Processamento

As amostras foram obtidas por prensagem e sinterização de pós e de microesferas. As microesferas e o pó de alumina foram obtidas pelo processo sol-gel [3,4], enquanto os outros pós ( $UO_2$ ,  $(U,Gd)O_2$ ) foram obtidos através do processo convencional como descrito em trabalhos anteriores [5,6].



## 2.2 Medida de Densidade e Porosidade Aberta

Para as medidas de densidade sinterizada e porosidade aberta foi empregado o método de penetração e imersão conforme já descrito anteriormente [7].

## 3. RESULTADOS

As Figuras 1, 2 e 3 mostram a porosidade aberta em função da densidade sinterizada para os materiais  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{UO}_2$ ,  $(\text{U},8\%\text{Gd})\text{O}_2$ ,  $(\text{U},4\%\text{Gd})\text{O}_2$ ,  $(\text{U},11\%\text{Gd})\text{O}_2$ ,  $(\text{U},4\%\text{Ce})\text{O}_2$ ,  $(\text{U},6\%\text{Ce})\text{O}_2$  e  $(\text{Th},5\%\text{U})\text{O}_2$  (percentagem em peso).

Na Figura 3 são apresentados para comparação vários resultados de pastilhas de  $\text{UO}_2$  e  $(\text{U},\text{Gd})\text{O}_2$  com e sem fuligem (formador de poros).

## 4. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

A reta apresentada nos gráficos representa a situação onde toda a porosidade presente no material é aberta. Conforme proposto por Lameiras [8] a sinterização pode ser classificada em estágios de acordo com a presença de poros abertos e fechados.

Para densidades muito baixas, de acordo com as Figuras 1 e 3, toda a porosidade está aberta, correspondendo ao 1º estágio da sinterização, de acordo com a referência [8]. Para densidades intermediárias, parte da porosidade se encontra fechada e é tanto maior quanto mais alta for a densidade. Essa situação corresponde ao 2º estágio da sinterização, conforme a mesma referência. Para densidades altas, em geral superiores a 95% da densidade teórica, toda a porosidade está fechada. Essa situação corresponde ao 3º estágio da sinterização, ainda conforme a mesma referência.

No caso de amostras de  $(\text{Th},5\%\text{U})\text{O}_2$  obtidas por meio de prensagem de microesferas feitas através de um processo sol-gel, com formador de poros, não se observa casos com o 1º estágio da sinterização, uma vez que as microesferas já possuem porosidade fechada (Figura 2).

Os dados apresentados neste trabalho revelam que a porosidade aberta, de fato, apresenta correlação com a densidade sinterizada para os materiais investigados. Devido à quantidade de dados analisados, esta correlação permite efetuar uma estimativa bastante segura da porosidade aberta em função da densidade sinterizada.



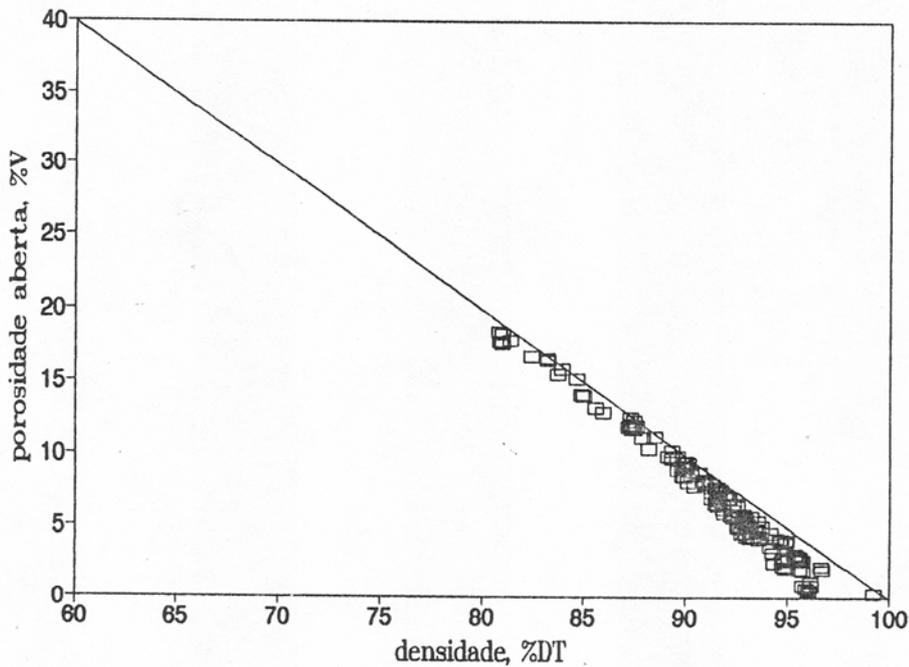


FIGURA 1 - Pastilhas de  $Al_2O_3$



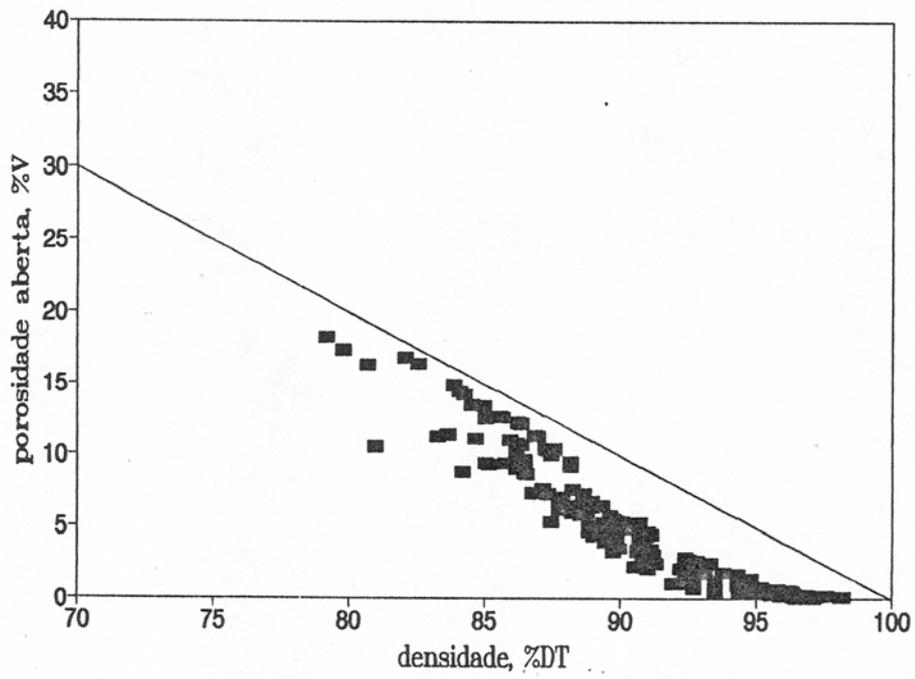


FIGURA 2 - Pastilhas de  $(Th,5\%U)O_2$



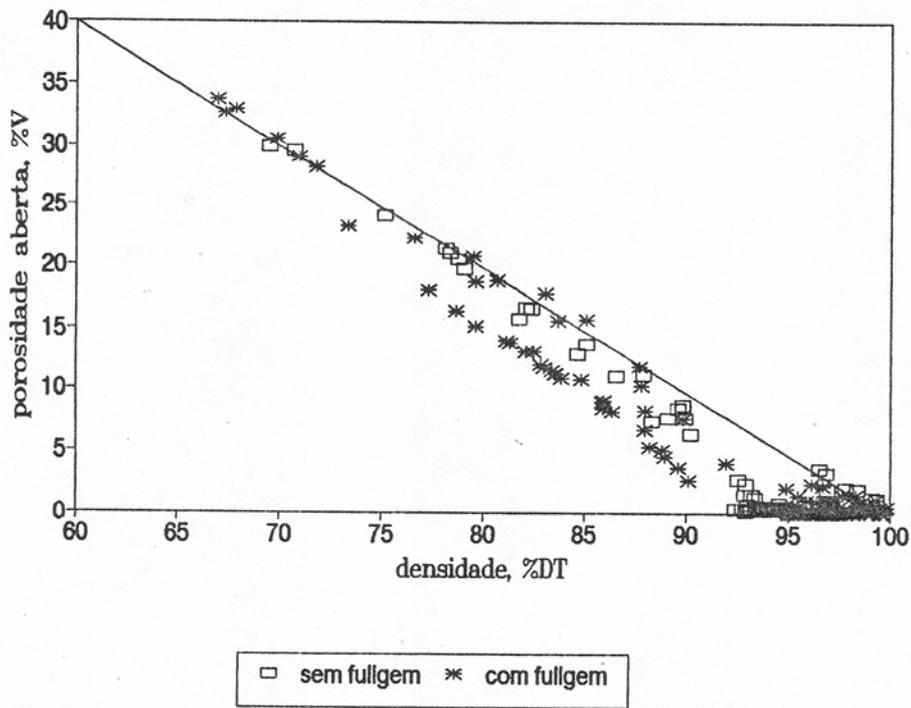


FIGURA 3 - Pastilhas de  $UO_2$  e de  $(U,Gd)O_2$  com e sem fulgim



## 6. REFERÊNCIAS

- [1] ASSMANN, H. Porengrößenverteilung zur Optimierung des Dimensionverhaltens von  $UO_2$  Tabletten. Tagung: Charakterisierung und Qualitätskontrolle von Kernbrennstoffen, 13-15.6.78, Karlsruhe.
- [2] SPEIGHT, M.V. & TURNBULL Enhanced Fission-Product Release by Grain Boundary Diffusion. *Journal of Nuclear Materials*, 68:244-249, 1977
- [3] KADNER, M. & BAIER, J. Production of Fuel Kernels for High Temperature Reactor Fuel Elements. *Kerntechnik*, 18. Jahrgang (10), 1976.
- [4] ZIMMER, E. et al. SGMP - An Advanced Method for Fabrication of  $UO_2$  and Mox Fuel Pellets. *Journal of Nuclear Materials*, 152: 169-177, 1988.
- [5] ASSMANN, H. & MATHIEU V. Technology and In-Reactor Performance of  $UO_2$  Fuel from the AUC Powder Process. AED-CONF-76-194-007.
- [6] MATHIEU V.  $UO_2$  Fuel Fabrication by Means of the AUC Powder Process. *Trans. Am. Nucl. Soc.* 28: 327-328, 1978.
- [7] CARDOSO, P.E. et al. Caracterização de Materiais Cerâmicos - Alguns Métodos Empregados no Controle da Qualidade de Combustíveis Nucleares. Trabalho Apresentado 30º Congresso Brasileiro de Cerâmica, R.J., 20 a 23 de abril de 1986.
- [8] LAMEIRAS, F.S. Um Ponto de Vista Topológico da Sinterização em Ex-gel-C-(Th,5%U) $O_2$ . Anais do XXXV Congresso Brasileiro de Cerâmica e III Iberoamericano de Cerâmica, Vidro Refratário. pag. 382.

