

# DETERMINAÇÃO DA CONDUTIVIDADE TÉRMICA DE LIGAS DE URÂNIO MOLIBDÊNIO E URÂNIO ZIRCÔNIO E NIÓBIO

Luciana Capanema Silva Carneiro e Denise das Mercês Camarano  
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN

## INTRODUÇÃO

O conhecimento da condutividade térmica é essencial para avaliar o desempenho e a segurança dos combustíveis nucleares, uma vez que essa propriedade determina a distribuição de temperatura no combustível.

Certas ligas de Urânio com metais de transição são de grande interesse no desenvolvimento de combustíveis nucleares para reatores de pesquisa e reatores de baixa potência, visto que esses elementos de liga melhoram as propriedades do combustível [1]. Atualmente estão sendo desenvolvidas no CDTN ligas de Urânio Molibdênio e Urânio Zircônio e Nióbio, cujos elementos de liga são utilizados com o objetivo de se obter determinadas fases estabilizadas. Essas ligas apresentam elevada concentração de urânio, o que permite a redução do grau de enriquecimento necessário à criticalidade, contemplando assim o tratado de não-proliferação.

Esse trabalho apresenta valores da condutividade térmica dessas ligas e sua respectiva incerteza de medição à temperatura ambiente, para diferentes concentrações destes elementos de liga.

## OBJETIVO

O trabalho tem como objetivo contribuir para a base de dados referente às propriedades destas ligas de Urânio, bem como verificar o efeito da variação da concentração dos elementos de liga na condutividade térmica do combustível. Além disso, é dada ênfase à incerteza de medição.

## METODOLOGIA

A condutividade térmica foi obtida por meio do Método Flash Laser [2], aplicando-se uma modelagem matemática baseada numa solução numérica para a difusão de calor, que leva em conta condições de contorno não adiabáticas e efeitos dinâmicos do sistema de medição de temperatura [3]. Desta forma não há necessidade de aplicação de modelos de correção para se levar em conta efeitos de perda de calor e efeito de tempo de pulso finito. Nesse método uma pequena amostra com a forma de um pequeno disco é aquecida em sua face frontal por um intenso pulso de laser. A partir da medição e registro do transiente térmico na face oposta da amostra, as propriedades termofísicas destas ligas de Urânio foram avaliadas.

As soluções numéricas foram obtidas pela aplicação do Método de Volumes Finitos [4]. A estrutura usada para obter as soluções foi uma modelagem estocástica baseada no Método de Monte Carlo [3], a partir da qual as incertezas foram avaliadas.

## RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os resultados da condutividade térmica das ligas de Urânio Zircônio e Nióbio. Observa-se que o valor da condutividade da liga U3Zr9Nb é maior que o da liga U4Zr6Nb.

A Tabela 2 mostra os resultados da condutividade térmica para as ligas de Urânio Molibdênio.

**Tabela 1** – Condutividade térmica de ligas de Urânio Zircônio e Nióbio, em função da composição da liga.

Amostra	Condutividade térmica / $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$	
	Valor	Incerteza (Intervalo de confiança de 95%)
U4Zr6Nb	15,0	1,1
U3Zr9Nb	17,5	1,1

**Tabela 2** – Condutividade térmica de ligas de Urânio Molibdênio, em função da composição da liga.

Amostra	Condutividade térmica / $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$	
	Valor	Incerteza (Intervalo de confiança de 95%)
U-3 wt%Mo	19,5	2,8
U-5 wt%Mo	16,0	1,4
U-7 wt%Mo	15,0	1,4
U-10 wt%Mo	7,2	0,8

Pode-se observar que o aumento da porcentagem de Molibdênio causa uma diminuição da condutividade térmica, o que está de acordo com dados existentes na literatura [5,6]. Em termos apenas da condutividade térmica, a amostra com 3 % em peso de Molibdênio e a amostra U3Zr9Nb são as mais indicadas para a produção do combustível, pois apresentam melhor condução de calor.

## CONCLUSÕES

Foi possível determinar a condutividade térmica das ligas de Urânio e sua respectiva incerteza, contribuindo para a base de dados a respeito dessas ligas. Os valores estão de acordo com os dados encontrados na literatura, o que indica que a modelagem matemática empregada na quantificação é uma ferramenta eficiente na solução dos problemas experimentais associados ao Método Flash Laser.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1]D.M. Camarano, F.L. Migliorini, E.H.C. Silva, P.A. Grossi, W.B. Ferraz, J.B. de

Paula, “Thermophysical Properties of Uranium Based Niobium and Zirconium from 23 °C to 175 °C”, *International Journal of Thermophysics*, **31**, pp.1842-1848 (2010).

[2]Parker, W. J.; Jenkins, R. J.; Butler, C. P., Abbott, G. L., “Flash method of determining thermal diffusivity, heat capacity and thermal conductivity,” *Journal of Applied Physics*, **32**, pp.1679-1684 (1961).

[3]Grossi, P. A., *Metodologia para Avaliação de Incerteza na Medição de Propriedades Termofísicas pelo Método Flash Laser: Método de Monte Carlo Aplicado a Modelos Dinâmicos de Saída Multivariável*, Escola de Engenharia da UFMG-Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil, 177p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) (2008).

[4]S.V. Patankar, *Numerical heat transfer and fluid flow*, Hemisphere, New York, 353p. (1980).

[5]Douglas E. Burkes, Cynthia A. Papesch, Andrew P. Maddison, Thomas Hartmann, Francine J. Rice, “Thermo-physical properties of DU–10 wt.% Mo alloys,” *Journal of Nuclear Materials*, **403**, pp.160-166 (2010).

[6]R. M. Hengstler, L. Beck, H. Breitzkreutz, C. Jarousse, R. Jungwirth, W. Petry, W. Schmid, J. Schneider, N. Wieschalla, “Physical properties of monolithic U8 wt.%–Mo,” *Journal of Nuclear Materials*, **402**, pp.74-80 (2010).

## APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

FAPEMIG