

PRODUÇÃO TÉCNICO CIENTÍFICA
DO IPEN
DEVOLVER NO BALCÃO DE
EMPRÉSTIMO

MC
02
revisão

CARACTERIZAÇÃO DOSIMÉTRICA DE PASTILHAS SINTERIZADAS DE ÓXIDO DE ALUMÍNIO (Al₂O₃)
PARA UTILIZAÇÃO NA DOSIMETRIA IN VIVO EM PACIENTES SUBMETIDOS A RADIOTERAPIA

Felícia D.G. Rocha*, Emiko Okuno*, Linda V.E. Caldas**, José C. Bressiani** e Maria Regina O.O. da Silva**

*Universidade de São Paulo, IF/USP
Caixa Postal 66318
05315-970, São Paulo, Brasil

**Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
Comissão Nacional de Energia Nuclear
Caixa Postal 11049
05422-970, São Paulo, Brasil

RESUMO

Pastilhas sinterizadas de óxido de alumínio foram estudadas em relação as suas propriedades termoluminescentes, com o objetivo de verificar a utilização destas pastilhas na dosimetria in vivo em pacientes submetidos a radioterapia. Testes preliminares foram realizados com estas pastilhas, produzidas no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares/CNEN-SP, em relação à reprodutibilidade, curvas de emissão, intervalo de dose, decaimento térmico e limite mínimo detectável. A reprodutibilidade destas pastilhas (que é indicada pelo desvio padrão relativo) foi de 3,5% e a resposta TL em função da dose foi obtida num intervalo de 0,01 a 100 Gy. Os resultados obtidos demonstram a possibilidade de utilização deste material, tanto na dosimetria in vivo, como também na dosimetria de campos em radioterapia.

Palavras Chave : dosimetria in vivo, termoluminescência, alumina, radiação X, radiação gama.

I. INTRODUÇÃO

O campo da aplicação das radiações ionizantes vem crescendo continuamente desde a descoberta dos raios X por Röntgen em 1895 e da radioatividade em 1896 por Becquerel, sendo hoje utilizadas tanto na área de saúde quanto na área industrial, comprovando todos os benefícios que as radiações ionizantes trouxeram à humanidade.

O avanço tecnológico no uso das radiações ionizantes principalmente em processos associados às áreas médicas, com objetivos terapêuticos, tais como Radioterapia, Medicina Nuclear e Radiologia Diagnóstica, onde cada vez mais equipamentos sofisticados vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de uma visualização melhor de imagens e estruturas anatômicas do organismo, e o surgimento de técnicas cada vez mais complexas tornam necessários um bom controle da radiação que é empregada nestes procedimentos.

A radioterapia é um tratamento que utiliza doses de radiação altas e máquinas de energias altas (fótons e elétrons), e portanto qualquer erro na aplicação dessas doses pode acarretar consequências graves aos pacientes, sendo necessária uma dosimetria exata e confiável. A variação da dose absorvida para eficiência do tratamento deve ser no máximo de 5,0% [1].

A dosimetria das radiações ionizantes consiste de medidas de exposição ou de dose absorvida resultantes da interação da radiação com a matéria, e a dosimetria in vivo torna-se parte essencial como parte de um programa de controle de qualidade [2-5]. A dosimetria in vivo consiste da determinação da dose absorvida no paciente durante uma sessão de tratamento. O método comumente utilizado na dosimetria in vivo consiste na utilização de dosímetros termoluminescentes (TLD) para a determinação da dose absorvida, sendo possível também a utilização de detectores semicondutores e também câmaras de ionização intracavitárias [6,7]. A melhor maneira para se determinar

a dose absorvida no paciente é por meio do posicionamento de dosímetros na superfície da pele do paciente com uma espessura de equilíbrio eletrônico de acordo com as diferentes energias de feixes utilizadas [4]. Além disso, a dosimetria in vivo em pacientes submetidos a radioterapia pode minimizar as incertezas na determinação da dose identificando as possíveis fontes de erro, tentando-se assim saná-las [8].

Por apresentar características favoráveis, como alta sensibilidade, intervalo grande de linearidade, fácil manuseio, alta resistência mecânica, os monocristais e as pastilhas de óxido de alumínio vêm sendo empregados para propósitos diferentes, como em dosimetria ambiental e de doses altas [9,10].

O objetivo do presente trabalho consiste na caracterização de pastilhas sinterizadas de óxido de alumínio ou alumina como dosímetros termoluminescentes, produzidas pelo Departamento do Ciclo do Combustível - Supervisão de Materiais Cerâmicos do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares/CNEN e, como consequência, o emprego deste material para a dosimetria in vivo de pacientes submetidos a radioterapia.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

As pastilhas sinterizadas de Al_2O_3 foram produzidas utilizando-se pó de alumina na fase alfa, do tipo A16 SG "super ground" da Alcoa - Poços de Caldas, MG. A esse pó foi acrescentado 1,0% em peso de PVA poliacetato de vinila), utilizado como aglomerante. Foram obtidos dois lotes de pastilhas de Al_2O_3 com diâmetro de 5,5mm e espessura menor que 1mm. A primeira sinterização (lote1) foi realizada a 1650°C no ar, durante uma hora. A segunda sinterização (lote 2) foi também realizada a 1650°C, mas durante 3 horas, para a obtenção de uma pastilha com maior tamanho de grão.

Para a irradiação das amostras foram utilizados os arranjos pertencentes ao Serviço de Proteção Radiológica e à Coordenadoria de Aplicações na Engenharia e Indústria do IPEN, que consistem de uma fonte de ^{60}Co (energias da radiação gama de 1,17 e 1,33 MeV) em irradiador construído no IPEN, modelo CPIO-AO 0197/82, série IR - 003, com atividade de 0,119 TBq (abril/1997), e campo de radiação com 8,0 cm de diâmetro; fonte de ^{60}Co do tipo panorâmica na forma de bastão, da Yoshizawa Kiko Co. Ltd., com atividade de 86,7 TBq (abril/1997).

Os tratamentos térmicos intermediários das amostras foram feitos em um forno elétrico de temperatura regulável, identificação nº 671, que fornece temperaturas de 22 a 500 °C, com variação de 1°C, fabricado pelo Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD/CNEN).

Para a obtenção do equilíbrio eletrônico durante as irradiações (gama) das amostras, foram utilizadas placas de Lucite de 3,5 mm de espessura.

Um sistema de leitura da marca Harshaw Nuclear Systems, modelo 2000A/B, foi utilizado na avaliação dos TLDs. Na TABELA 1 são apresentadas as condições de

leitura das amostras de alumina. Durante todo o ciclo de leitura, foi utilizado um fluxo constante de N_2 de 4 L/min. As curvas de emissão foram registradas em um registrador X-Y ECB, modelo RB102, com dois canais.

TABELA 1- Condições de Avaliação de Dosímetros Termoluminescentes.

Parâmetros	
Pré-aquecimento	50°C
Tempo de leitura	65s
Tensão	600V
Temperatura máxima de aquecimento	300°C
Taxa de aquecimento	5°C/s

Um outro sistema leitor TL, do Instituto de Física/USP, foi também utilizado para a leitura das amostras, que é um leitor por contagens de fótons. O programa FORNAX gerencia a aquisição de dados pelo sistema, registrando o sinal de contagens enviado pelo contador de fótons, controlando o aquecimento do porta-amostra e possibilitando a análise dos resultados a partir de uma interface gráfica. Neste sistema, a tensão da válvula fotomultiplicadora é de 1050 V, e a taxa de aquecimento das amostras utilizada foi de 5°C/s. Acoplado a este sistema tem-se um microcomputador, para a visualização das curvas de emissão obtidas.

III. RESULTADOS

Reprodutibilidade e Calibração Individual dos TLDs. A reprodutibilidade da resposta TL dos dosímetros para uma mesma exposição foi verificada utilizando-se a fonte de radiação do ^{60}Co em irradiador construído no IPEN. Os TLDs foram irradiados com uma dose absorvida no ar de 50 mGy e avaliados dez vezes sob condições idênticas para se determinar o fator de calibração individual e a reprodutibilidade de sua resposta. O fator de calibração individual de cada TLD foi obtido pelo quociente entre o valor da exposição recebida nas 10 irradiações e a média das suas respostas, L, para estas irradiações. A reprodutibilidade, R, é dada, em termos percentuais, pelo desvio padrão relativo. Os resultados obtidos são mostrados na TABELA.2. Neste estudo foram utilizadas 20 pastilhas sinterizadas de cada lote.

TABELA 2. Reprodutibilidade das Pastilhas Sinterizadas de Al_2O_3 .

Material	Reprodutibilidade(%)
Al_2O_3 (lote1)	3,5
Al_2O_3 (lote2)	3,0

Curvas de Emissão TL. As curvas de emissão foram obtidas irradiando-se as pastilhas de alumina sinterizada (lotes 1 e 2) com radiação gama, com uma dose absorvida no ar de 50 mGy. O pico de emissão ou pico dosimétrico para estes materiais foi obtido a cerca de 200 °C, e o resultado experimental é mostrado na Fig. 1. Apesar de não ser mostrada, a curva de emissão para as pastilhas sinterizadas durante 3 horas é similar à obtida para as pastilhas sinterizadas durante 1 hora a 1650 °C. O tratamento térmico para a reutilização das pastilhas foi de 400 °C durante 1 hora.

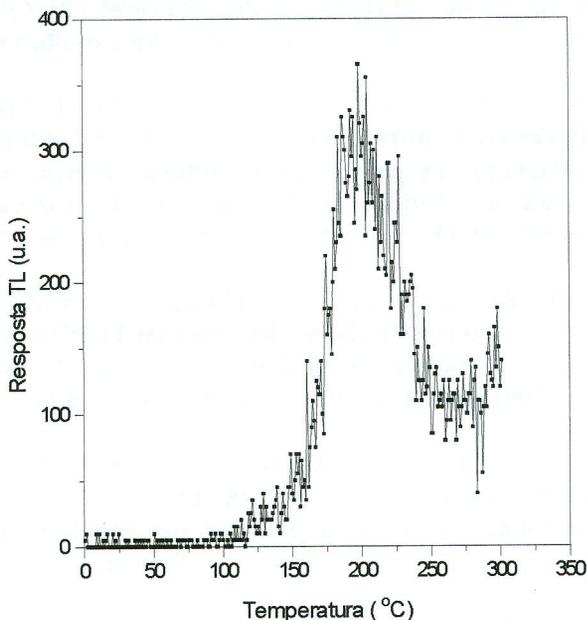


Figura 1 - Curva de Emissão da Alumina Sinterizada (lote 1) a 1650°C durante 1 hora, irradiada com uma dose absorvida no ar de 50 mGy.

Curva de Resposta TL em Função da Dose. As pastilhas sinterizadas de Al_2O_3 (lotes 1 e 2) foram expostas à radiação gama do ^{60}Co no intervalo de 0,01 a 100 Gy. Os resultados obtidos são mostrados na Fig. 2. Foram utilizadas quatro amostras de cada material para este estudo, sendo que cada ponto experimental (dose) representa a média das leituras. Na figura 2 observa-se um comportamento supralinear para as amostras de Al_2O_3 em função da dose absorvida. As incertezas associadas às medidas foram no máximo de 11,0%.

Decaimento Térmico. As pastilhas sinterizadas de Al_2O_3 (lote 1) foram irradiadas com uma dose absorvida de 50 mGy (^{60}Co), e o decaimento térmico foi estudado até 60 dias após a irradiação. A resposta TL apresentou um decréscimo de 6,0% após 3 horas da irradiação, e 15,0% após 24 horas, atingindo uma relativa estabilidade (1,5%) após dois dias da irradiação.

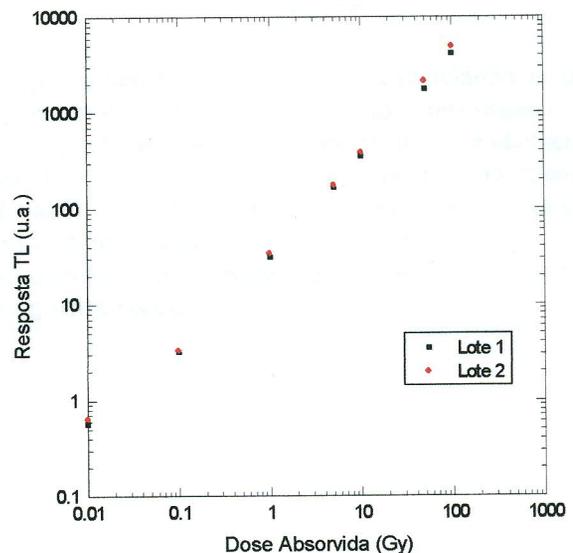


Figura 2 - Resposta TL em Função da Dose Absorvida no Ar de ^{60}Co para as Pastilhas Sinterizadas de Al_2O_3 .

Limite Mínimo Detectável. O limite mínimo detectável foi determinado estudando-se a variação na resposta TL de pastilhas não irradiadas (lote 1). As pastilhas não irradiadas foram medidas 10 vezes, sempre sob as mesmas condições experimentais, isto é, tratamento térmico a 400 °C durante 1 hora, seguindo-se a leitura TL. Define-se o limite mínimo detectável como sendo igual a três vezes o desvio padrão da leitura das pastilhas não irradiadas. Para as pastilhas de Al_2O_3 o valor encontrado foi de 1mGy.

IV. CONCLUSÃO

Os resultados até agora obtidos referem-se à caracterização dosimétrica das pastilhas sinterizadas de alumina pura (lotes 1 e 2). Estes materiais foram estudados em relação à reprodutibilidade de resposta TL, curva de resposta TL em função da dose, decaimento térmico, etc, estudos estes típicos no caso da dosimetria das radiações.

As pastilhas sinterizadas de Al_2O_3 apresentaram resultados satisfatórios em relação a todos os testes realizados, demonstrando a viabilidade de utilização destes materiais na dosimetria de campos em radioterapia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo suporte financeiro e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo suporte financeiro parcial.

REFERÊNCIAS

ABSTRACT

[1] ICRU (International Commission on Radiation Units and Measurements), **Determination of absorbed dose in a patient irradiated by means of X or gamma rays in radiotherapy procedures**. Report 24, ICRU Publications, Washington, D.C., 1976.

[2] AAPM Report nº 13. **Physical aspects of quality assurance in radiation therapy**. American Association of Physicists in Medicine, AIP, New York, 1984.

[3] WHO, **World Health Organization quality assurance in radiotherapy**. WHO, Geneva, 1988.

[4] LEUNENS, G.; VAN DAM, J.; DUTREIX, A.; VAN DER SCHUEREN, E. **Importance of in vivo dosimetry as a part of a quality assurance program in tangential breast treatments**. International Journal of Radiation Oncology Biology Physics, v.28, nº1, p.285-296, 1994.

[5] NOEL, A.; ALETTI, P.; BEY, P.; MALISSARD, L. **Detection of errors in individual patients in radiotherapy by systematic in vivo dosimetry**. Radiotherapy and Oncology, v.34, p.144-151, 1995.

[6] EDWARDS, C.R.; GRIEVESON, M.H.; MOUNTFORD, P.J.; ROLFE, P. **A survey of current in vivo radiotherapy dosimetry practice**. British Journal Radiological, v.70, p.299-302, 1997.

[7] EDWARDS, C.R.; GREEN, S.; PALETHORPE, J.E.; MOUNTFORD, P.J. **The response of a Mosfet, p-type semiconductor and LiF TLD to quasi-monoenergetic X-rays**. Physics Medicine and Biology, v.42, p.2383-2391, 1997.

[8] LEUNENS, G.; VERSTRAETE, J.; DUTREIX, A.; VAN DER SCHUEREN, E. **Assessment of dose inhomogeneity at target level by in vivo dosimetry: can the recommended 5% accuracy in the dose delivered to the target volume be fulfilled in daily practice?** Radiotherapy and Oncology, v.25, p.242-250, 1992.

[9] AKSELROD, M.S.; KORTOV, V.S.; GORELOVA, E.A. **Preparation and properties of α -Al₂O₃:C**. Radiation Protection and Dosimetry, v.47, n.1/4, p.159-164, 1993.

[10] OSVAY, M.; GOLDBERGER, F. **Use of "memory effect" of Al₂O₃ TL detectors in high exposure dosimetry**. In: High-Dose Dosimetry, STI/PUB/671 (Vienna: IAEA): p.285-289, 1984.

Al₂O₃ sintered pellets were tested in relation to their thermoluminescent properties, to investigate the possibility of their use for dosimetry in the radiotherapy cases of ⁶⁰Co and X-radiation. The material is inexpensive and has a glow peak at about 200°C, suitable reproducibility and a low detection limit. The thermoluminescent response can easily be corrected for fading, when necessary.