

CARACTERIZAÇÃO DE UM COMPOSTO QUÍMICO PARA DOSIMETRIA DAS RADIAÇÕES EM PROCESSOS INDUSTRIAIS

Ana Maria S. Galante , Barbara M. Rzycki

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares , IPEN (TEP)
Comissão Nacional de Energia Nuclear , SP
Travessa R , 400 CEP 05508-900 São Paulo , S.P. Brasil
sgalante@net.ipen.br

RESUMO

Foram testadas soluções de 3,3',5,5'-Tetrabromo-m-cresolsulfoneftaleína (Verde de Bromocresol) para aplicação em dosimetria gama. Foram observadas duas bandas de absorção máxima: uma em 455 nm e outra em 620 nm. Foram testadas três concentrações : 0,005%, 0,0075% e 0,01%. As irradiações foram feitas com uma fonte panorâmica de ^{60}Co e as curvas de calibração foram feitas com a solução de Fricke. A taxa de dose, no ponto de irradiação, foi calibrada pelo Serviço Internacional de Garantia da Dose da Agência Internacional de Energia Atômica. O intervalo de dose situa-se entre 50 Gy e 15 kGy, para o pico de absorção máxima em 455 nm. Foram analisadas também outras propriedades como repetibilidade e influência da luz e da temperatura em função do tempo de estocagem.

Palavras - chave: irradiação de materiais, processos industriais, dosimetria, verde de bromocresol, radiação gama.

I. INTRODUÇÃO

A pesquisa de materiais sensíveis à radiação para aplicação como dosímetros, em processos de irradiação industrial de produtos para a medicina, biologia e outras áreas, é um desafio, mormente quando a instalação de irradiação depara-se com uma gama muito grande de tipos de materiais, composições e geometrias.

Em dosimetria, a energia da radiação transferida para uma unidade de massa de um composto, é determinada através das transformações químicas que ocorrem no material escolhido. Uma das grandezas associadas à dosimetria é a dose absorvida que pode ser calculada indiretamente à partir das alterações de absorvância detectadas, em materiais transparentes, por técnicas de espectroscopia óptica.

Neste trabalho de pesquisa foi analisado um corante radiosensível denominado Verde de Bromocresol, na forma de solução aquosa, com o intuito de aplicá-lo no controle de qualidade das irradiações, como dosímetro de rotina.

O indicador foi irradiado com radiação gama do ^{60}Co e a calibração feita com outro composto químico conhecido como solução de Fricke [1]. O dosímetro Fricke, baseia-se em uma solução de sulfato ferroso e é mundialmente adotada como padrão secundário para determinar as taxas de dose em campos de radiação gama.

O objetivo do trabalho foi caracterizar a solução aquosa preparada com diferentes porcentagens do indicador Verde de Bromocresol. Foram avaliados alguns tópicos considerados critérios de seleção, antes e após a irradiação. As características analisadas foram:

1. Simplicidade de preparo e facilidade de uso;
2. Estabilidade da resposta, com o decorrer do tempo, antes e após a irradiação;
3. Estabilidade da resposta, em função das condições ambientais (luz e temperatura);
4. Reprodutibilidade da resposta no intervalo de dose característico;
5. Limite inferior e superior de detecção da radiação.

II. METODOLOGIA

O composto químico 3,3',5,5'-Tetrabromo-m-cresolsulfoneftaleína, conhecido como indicador Verde de Bromocresol^[2], tem a fórmula química $\text{C}_{21}\text{H}_{14}\text{Br}_4\text{O}_5\text{S}$, peso molecular de 698,04, pode ser dissolvido em água e apresenta comprimento de onda de absorção máxima, λ_{max} , entre 423 e 460 nm, no intervalo espectral de 900 a 325 nm [3].

A solução foi preparada com água bi-destilada (água injetável) e as frações colocadas em tubos de ensaio,

confeccionados em vidro, com 1 mm de parede.

As irradiações foram feitas em uma câmara, pertencente à Coordenadoria de Aplicações na Engenharia e na Indústria, IPEN-TE, que contém uma fonte panorâmica de ^{60}Co [1]. A posição de irradiação manteve-se no local correspondente à parte posterior do cano guia, por onde corre a fonte, a 40 cm de distância. A posição escolhida está calibrada pelo programa IDAS (International Dose Assurance Service) da Agência Internacional de Energia Atômica. A taxa de dose, em janeiro de 1998, era de 0,1237 kGy/h.

Para as medidas ópticas foi usado um espectrofotômetro marca Pharmacia, modelo Novaspec II, que permite determinar a absorvância em comprimentos de onda na região visível do espectro de luz.

A solução com indicador Verde de Bromocresol foi preparada por dissolução do indicador em apenas 5% de álcool etílico P.A., e então em água na concentração desejada [2,3]. Foram testadas soluções com diferentes concentrações de indicador a saber: 0,005%; 0,0075% e 0,01%.

Determinou-se o comprimento de onda de absorção máxima, no intervalo de 325nm a 900nm, antes da irradiação. Conhecida a região onde ocorre absorvância mais intensa, as soluções foram irradiadas com doses entre 50 Gy e 15 kGy.

As condições de equilíbrio eletrônico foram mantidas, irradiando-se os tubos com a solução, em suporte de polietileno com 3 mm de espessura e onde é possível colocar três amostras. Após a irradiação, foram construídas curvas de calibração, para cada concentração de indicador, que relacionam a absorção óptica com a dose absorvida obtida com a solução de Fricke.

Para verificar a estabilidade da resposta em função do tempo de estocagem, as soluções não irradiadas e irradiadas foram armazenadas, em temperatura ambiente, e a absorvância foi determinada em intervalos de tempo diferentes.

A influência da luz e da temperatura na absorvância do composto foram analisadas, deixando as amostras por longos períodos expostas à luz ambiente, fluorescente e solar, e temperaturas de $10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, $23^{\circ}\text{C} \pm 1,5^{\circ}\text{C}$ e $35^{\circ}\text{C} \pm 2,5^{\circ}\text{C}$.

O limite inferior de dose foi determinado como $X_0 + 3\sigma$, onde X_0 é a média das absorções ópticas de amostras não irradiadas e σ o desvio padrão [4,5]. A absorção óptica média para dez amostras não irradiadas foi determinada para as três concentrações.

A reprodutibilidade da resposta óptica, para as três concentrações, foi avaliada irradiando-se a solução, de um mesmo lote, com uma determinada dose em dias diferentes.

III. RESULTADOS

A análise das características da solução de Verde de Bromocresol mostrou que a mistura é de fácil preparo e manipulação. Uma recomendação é que os vidros que servem de invólucro tenham parede fina e sejam bem limpos. Para tanto seguem-se as mesmas recomendações

que para a limpeza de vidraria que serve para irradiar a solução de Fricke.

Como pode ser visto na Figura 1 a solução mostrou uma intensificação da absorção óptica entre 350 nm e 700 nm com dois picos máximos em 455 nm e 620 nm. Para a análise dos parâmetros dosimétricos foi escolhido o pico em 455 nm.

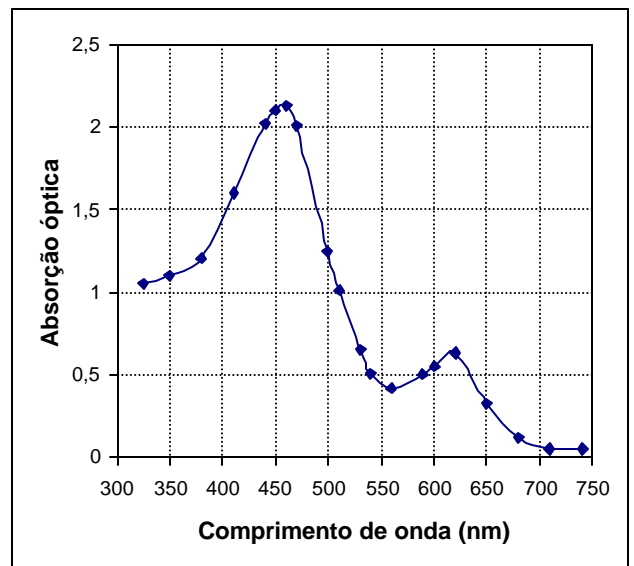


Figura 1. Espectro de absorção óptica do indicador Verde de Bromocresol, não irradiado, em solução aquosa a 0,005%.

As Figuras 2, 3 e 4 mostram a extinção gradativa da intensidade da absorção óptica, após a irradiação das soluções, com doses no intervalo de 50 Gy e 15 kGy, para as três concentrações, no comprimento de onda de 455 nm.

Como pode ser visto na Figura 2, para a concentração de 0,005%, a dose mínima detectável é de 0,3 kGy.

A estabilidade da resposta de amostras não irradiadas, foi avaliada para tempos diferentes após a preparação da solução. Observou-se que a intensidade do pico modificou-se em 6,5% após um tempo de estocagem de um ano em temperatura ambiente.

As soluções irradiadas não acusaram variação superior a 3% do valor da absorção óptica com o tempo de estocagem. Neste caso, os testes foram efetuados com soluções nas três concentrações irradiadas com 8 kGy.

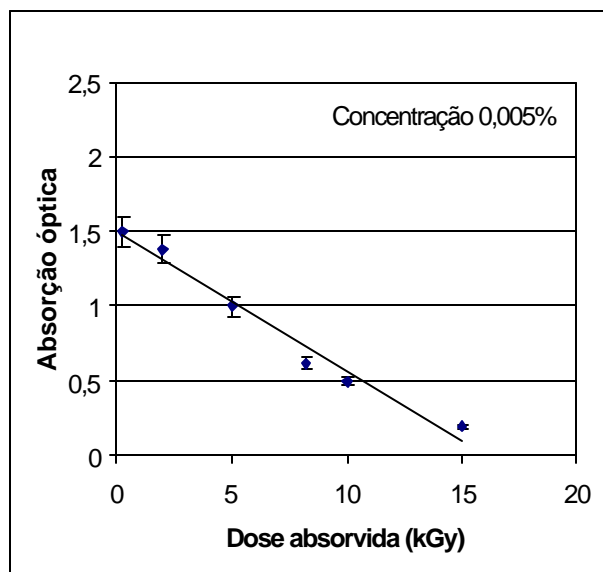


Figura 2. Curva de calibração do indicador Verde de Bromocresol (em $\lambda = 455\text{nm}$), irradiado com doses entre 300 Gy e 15 kGy, em solução aquosa a 0,005%.

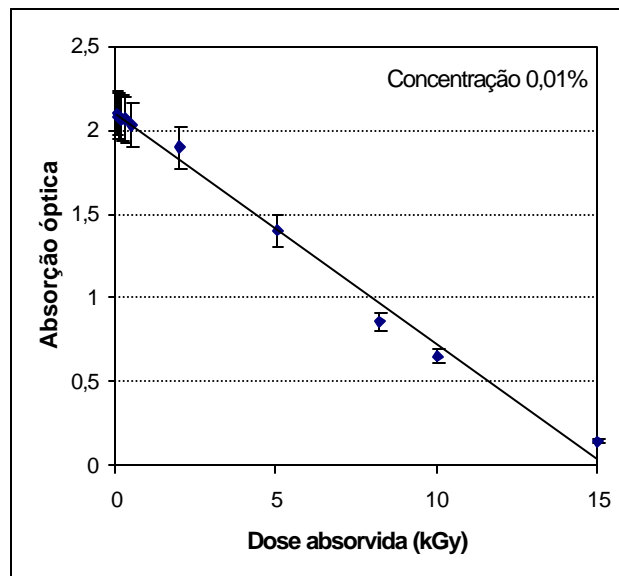


Figura 4. Curva de calibração do indicador Verde de Bromocresol (em $\lambda = 455\text{nm}$), irradiado com doses entre 50 Gy e 15 kGy, em solução aquosa a 0,01%.

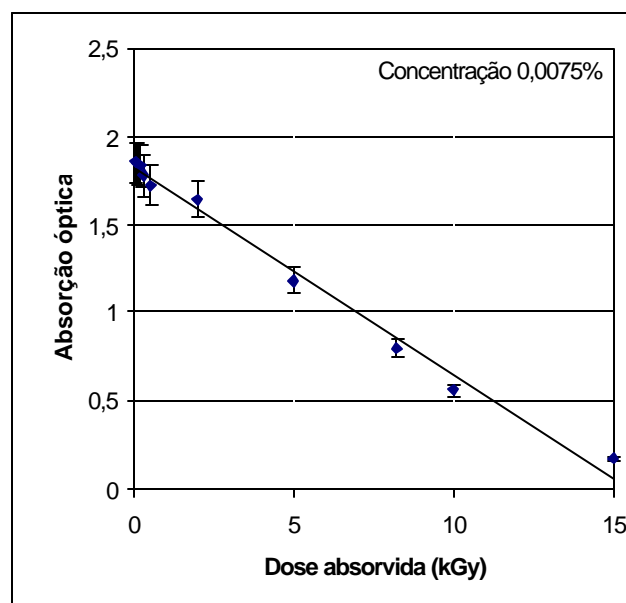


Figura 3. Curva de calibração do indicador Verde de Bromocresol (em $\lambda = 455\text{nm}$), irradiado com doses entre 300 Gy e 15 kGy, em solução aquosa a 0,0075%.

A luz ambiente natural e a luz fluorescente não modificam a absorvância da solução, se o tempo de exposição for mantido entre 1 e 24 h.

Os testes com a influência da temperatura foram feitos mantendo-se as soluções, antes e após a irradiação, individualmente em $10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, $23^{\circ}\text{C} \pm 1,5^{\circ}\text{C}$ e $35^{\circ}\text{C} \pm 2,5^{\circ}\text{C}$.

A solução pode ser considerada estável em temperaturas que variam de $10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ a $35^{\circ}\text{C} \pm 2,5^{\circ}\text{C}$, porque a intensidade do pico em 455 nm não apresentou nenhuma modificação.

IV. CONCLUSÕES

De acordo com os estudos feitos até a presente data, pode-se concluir que a solução Verde de Bromocresol apresenta boa estabilidade de resposta antes e após a irradiação, em todas as concentrações analisadas.

As condições ambientais como a luz ambiente e a temperatura não influem nas características da solução, isto é não ocorrem modificações químicas detectadas por medidas da absorção óptica.

A solução pode ser usada como dosímetro em uma ampla faixa de doses desde 50 Gy até 15 kGy. Apresenta resposta linear dentro deste intervalo e suas características tornam-na potencialmente viável para radiação gama. Os limites superiores de dose, no comprimento de onda de 620 nm, para as três concentrações, é de 5 kGy.

Outros testes estão sendo analisados como a modificação da resposta em função da energia e tipo da radiação incidente.

AGRADECIMENTOS

Os autores são muito gratos à **Fundação de Amparo à Pesquisa, FAPESP**, pelo financiamento do Projeto de Pesquisa n^o 96/5942-7 que deu origem a este estudo, ao **CNPq-IPEN** pela bolsa institucional de Mestrado da Sra. Ana Maria S. Galante, ao Dr Leonardo G. de Andrade e

Silva, chefe da Divisão de Pesquisas em Novas Aplicações, TE - IPEN, pelo importante apoio durante todo o trabalho .

REFERÊNCIAS

- [1] RZYSKI, B.M., GALANTE, A.M.S., SILVA, R.E., ANDRADE E SILVA, L.G., SILVA, J.M., **Otimização de um sistema de irradiação gama para doses muito baixas**, Anais do IV ENAN, Poços de Caldas, MG, Brasil, 1997.
- [2] MERCK INDEX, Centennial Ed., 11th Edition, pp. 210, 1990.
- [3] TONICEK, O., **Chemical Indicators**, Butterworths Scientific Publications, 1951.
- [4] MACLAUGHLIN, W., BOYD, A., CHADWICK, K.H., MCDONALD, J.C. and MILLER, A., **Dosimetry for Radiation Processing**, London, 1989.
- [5] CAMPOS, L.L., RZYSKI, B.M. , SUAREZ, A. A. **LiF(Mg,Ti) TLD Pellets**, Radiation Protection Dosimetry, Vol. 11(3) pp.189, 1985.

ABSTRACT

Some characteristics of 3,3',5,5'-Tetrabromo-*m*-cresolsulfonephthalein (Bromocresol Green) diluted in double-distilled water were carried out for gamma dosimetry application. Two main absorption bands were observed: one at 455nm and the other at 620 nm. Three concentrations were tested, 0,005%, 0,0075% and 0,01%. Irradiations were performed with ⁶⁰Co panoramic source and calibration curves were made with the Fricke solution. The IAEA- International Dose Assurance Service confirmed the dose rate at the irradiation point. The dose range lies between 50 Gy and 15 kGy, for the maximum absorption peak at 455 nm. Other properties as reproducibility, light and temperature influence for different keeping times were also analyzed.