

NOVO PORTA-DOSÍMETRO NACIONAL PARA DETECTORES TL DE $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$

Teógenes A. da Silva*, Letícia L. Campos**, Luiz Antonio R. da Rosa*

* Instituto de Radioproteção e Dosimetria - CNEN/RJ,
Caixa Postal 37750, CEP 22602, Rio de Janeiro, RJ.

**Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - CNEN/SP,
Caixa Postal 11049, CEP 05499, São Paulo, SP.

RESUMO

Um novo porta-dosímetro nacional para detectores termoluminescentes de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ é apresentado. Para a avaliação da dose equivalente é proposto um método que utiliza duas combinações lineares das respostas dos detectores posicionados entre filtros de plástico, cobre e cobre mais chumbo. Testes realizados no Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes indicam que este porta-dosímetro pode vir a ser uma boa opção para a utilização de detectores TL de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ em monitoração individual.

ABSTRACT

A new national badge for $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ TL detectors is presented. A method using two linear combinations of the responses of the detectors placed between plastic, copper and copper plus lead filters is proposed for dose equivalent assessment. Tests carried out at the National Laboratory of Ionizing Radiation Metrology indicate that this badge may be a good option in individual monitoring using $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ TL detectors.

1. INTRODUÇÃO

Recentemente, o uso de detectores termoluminescentes (TL) de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ em monitoração individual e ambiental vem crescendo, já que estes apresentam uma grande sensibilidade e são de fácil preparação. No Brasil, o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares-IPEN desenvolveu um método de preparação do cristal de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ [1] e de pastilhas dosimétricas do cristal pulverizado agregado com politetrafluoretileno (PTFE) [2].

As pastilhas de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}+\text{PTFE}$ produzidas pelo IPEN são atualmente os detectores TL mais utilizados pelos laboratórios particulares que prestam serviço de monitoração individual no Brasil empregando a técnica de dosimetria TL.

Como porta-dosímetro, muitos laboratórios utilizam um que acomoda quatro pastilhas de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}+\text{PTFE}$, sendo uma na janela aberta, outra entre filtros de plástico de 3,0 mm de espessura, uma terceira entre filtros de chumbo com 1,0 mm de espessura e a quarta entre filtros de chumbo com 0,8 mm de espessura, contendo um furo central de 2,0 mm de diâmetro.

Este trabalho apresenta um novo modelo de porta-dosímetro como opção ao modelo anteriormente descrito e propõe um método para a avaliação da dose equivalente com base em duas combinações lineares. Resultados de testes realizados no Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes-LNMRI do Instituto de Radioproteção e Dosimetria, que demonstram o seu bom desempenho, são também apresentados.

2. DESCRIÇÃO DO NOVO PORTA-DOSÍMETRO

O novo porta-dosímetro foi confeccionado a partir do modelo usual anteriormente descrito, porém, acomodando a terceira pastilha de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ entre filtros de cobre de 1,0 mm de espessura, posicionados sob 3,0 mm de plástico e a quarta pastilha entre filtros duplos de cobre e chumbo com espessuras de 1,0 e 0,5 mm, respectivamente, e recobertos, também, com 3,0 mm de plástico. Os filtros de cobre minimizam a contribuição da radiação característica do chumbo na resposta TL de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$. A espessura de 3,0 mm de plástico fornece equilíbrio eletrônico para as radiações gama de Cs-137 e Co-60.

3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Foram utilizadas pastilhas de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$, de 0,8 mm de espessura, produzidas no IPEN, com tratamento térmico para

regeneração de 300 °C por 15 minutos. As irradiações foram realizadas no LNMRI/IRD, utilizando o mesmo procedimento cuja confiabilidade foi descrita anteriormente [3], e os detectores foram avaliados no IPEN com um leitor TL Harshaw 2000 A+B.

Para a determinação das respostas sob cada janela do porta-dosímetro, normalizadas para Co-60, utilizou-se as radiações de referência recomendadas pela International Organization for Standardization-ISO [4]. Os dados permitiram obter uma combinação linear das respostas que avaliasse a dose equivalente dentro de limites considerados aceitáveis pelo LNMRI [5], que estão coerentes com os adotados na Alemanha [6].

A combinação linear proposta foi verificada através de testes com diferentes energias médias e espectros de raios-X recomendadas pela ISO [4], com ângulos de incidência de 30, 45 e 60 graus, feixes mistos de radiação e algumas irradiações com o porta-dosímetro na superfície de um fantoma 15cm x 15cm x 15cm de polimethylmetacrilato (PMMA).

4. RESULTADOS

Na figura 1 são apresentadas as curvas de resposta, normalizadas para a energia média das radiações gama do Co-60, das pastilhas de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}+\text{PTFE}$ posicionadas entre os filtros de plástico, cobre e cobre mais chumbo, obtidas através de irradiações com feixes em incidência normal. No intervalo de energias de interesse para a aplicação do novo dosímetro, entre 20 e 1250 keV, não foi possível se conseguir uma única combinação linear com as curvas da figura 1 que satisfizesse as exigências impostas à resposta do dosímetro, ou seja, uma dependência energética-angular melhor ou igual a +/- 35%. A solução encontrada foi estabelecer duas combinações lineares, conforme as expressões (1) e (2).

Para E menor ou igual a 60 keV:

$$R = 0,1R(\text{Plast}) + 0,4R(\text{Cu}) - R(\text{Pb}+\text{Cu}) \quad (1)$$

para E maior que 60 keV:

$$R = 0,03R(\text{Plast}) + 0,4R(\text{Cu}) + 0,7R(\text{Pb}+\text{Cu}) \quad (2)$$

onde E é a energia média do feixe de radiação, R é a resposta do dosímetro, R(Plast), R(Cu) e R(Pb+Cu) são as respostas normalizadas para a energia das radiações gama do Co-60, da pastilha de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}+\text{PTFE}$ posicionada entre os filtros de plástico, entre os filtros de cobre e entre os

filtros de cobre mais chumbo, respectivamente. O fator de calibração das pastilhas foi obtido para as radiações gama de Co-60. A figura 2 apresenta as combinações lineares (1) e (2), para a avaliação da dose equivalente com o novo dosímetro, em função da energia média do feixe de radiação gama ou X.

Das curvas $(Plast)/R(Pb+Cu)$, $R(Plast)/R(Cu)$ e $R(Cu)/R(Pb+Cu)$ em função da energia média (figura 3), considerou-se a primeira a mais adequada para ser utilizada na avaliação da energia média do feixe de radiação incidente. É interessante observar que para se determinar a dose equivalente com o novo dosímetro não é necessário se conhecer com exatidão a energia média do feixe incidente, mas, sim, determinar se a mesma é superior, ou não, a 60 keV, para escolher entre as combinações lineares (1) ou (2).

Os resultados das avaliações da energia média e da dose equivalente (tabela 1) indicam um ótimo desempenho para o novo sistema dosimétrico. As razões dose equivalente avaliada/dose equivalente real estão todas dentro do intervalo de $\pm 20\%$, excetuando o caso da situação crítica de irradiação em ângulo de 60° , para o qual o dosímetro apresentou uma subresposta de 34%, que ainda está dentro dos limites de aceitabilidade de $\pm 35\%$ impostos à resposta de sistema.

Observa-se que, apesar de não ser necessário, o novo sistema permite a determinação da energia média do feixe de radiação, no caso de feixes simples, com razoável exatidão. No caso de feixes mistos, apesar do sistema não discriminar as energias das radiações que os compõem, a avaliação da dose equivalente é possível com adequada exatidão. Além disso, o dosímetro não apresentou dependência da radiação retro-espalhada, quando colocado sobre o fantoma.

O desempenho do sistema na avaliação da dose equivalente (figuras 4 e 5) mostra que, nas condições testadas, o novo dosímetro atende de forma bem adequada os critérios estabelecidos pelo LNMRI [5].

5. CONCLUSÕES

Os testes preliminares realizados mostraram que o novo dosímetro proposto apresenta um adequado desempenho na avaliação da dose equivalente, tanto nas condições de feixes simples como mistos, em incidência da radiação frontal ou angular e em irradiações livres no ar ou na superfície de um fantoma.

Os resultados obtidos são bastante animadores e indicam que o novo sistema poderá vir a ser uma opção vantajosa para o atual porta-dosímetro para detectores TL de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}+\text{PTFE}$.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos 'ao Dr. P. Ambrosi do PTB/Alemanha pelas discussões e idéias iniciais e à Luzianete A.M.M.Baptista do LNMRI e ao Vanderlei I. Souto do IPEN pelo apoio nas irradiações e nas avaliações dos dosímetros, sem o qual este trabalho não seria possível.

REFERÊNCIAS

1. Campos, L.L. Preparation of $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ TL Single Crystals J. Lumin, 28, 481-483 (1983).
2. Campos, L.L. and Lima, M.F. Dosimetric Properties of $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ Teflon Pellets Produced at IPEN. Radiat. Prot. Dosim. 14(4), 333-335 (1986).
3. da Silva, T.A. e Nascimento, D.M.R. Verificação da Qualidade do Procedimento de Irradiação de Dosímetros Individuais. Ciência e Cultura Vol. 42, No. 7, 296-297 (1990).
4. International Organization for Standardization (ISO). X and gamma reference radiations for calibrating dosimeters and dose ratemeters and for determining their response as a function of photon energy. Revised text of ISO4037 - ISO/TC85/SC2/GT2, (1990)
5. da Silva, T.A. Requisitos mínimos para o desempenho de sistemas de monitoração individual - Proposta a ser divulgada, LNMRI / IRD, (1991).
6. Orts-und Personendosimeter mit Detektoren aus Thermolumineszenz - der Photolumineszenz - Material. PTB Anforderungen - PTB-A 23.2.1 (1989).

Tabela 1 - Resultados das avaliações de energia (Ea) e dose equivalente (Ha) em relação aos valores reais (Er e Hr).

Er (keV)	Ea (keV)	Hr (mSv)	Ha (mSv)	Ha / Hr
<u>feixes moderadamente filtrados</u>				
45	48	2,32	2,05	0,88
58	54	2,02	2,08	1,03
79	75	2,00	2,31	1,16
104	105	2,01	1,98	0,98
137	160	2,01	1,90	0,94
<u>feixes levemente filtrados</u>				
37	42	0,25	0,23	0,92
57	64	10,0	11,0	1,10
102	98	2,50	2,62	1,05
147	130	2,50	2,66	1,07
<u>incidência angular</u>				
37 (45°)	52	3,00	2,51	0,84
57 (45°)	56	3,00	2,48	0,83
118 (30°)	120	3,00	2,54	0,85
118 (45°)	110	3,00	2,40	0,80
118 (60°)	108	3,00	1,99	0,66
<u>feixe mixto</u>				
37+57	52	1,50+1,50	3,10	1,03
37+Cs-137	56	1,0+10,0	10,9	0,99
37+Cs-137	71	2,0+2,0	3,51	0,88
<u>na superfície de um fantoma</u>				
102	95	4,10	3,80	0,93
147	130	3,70	3,20	0,87

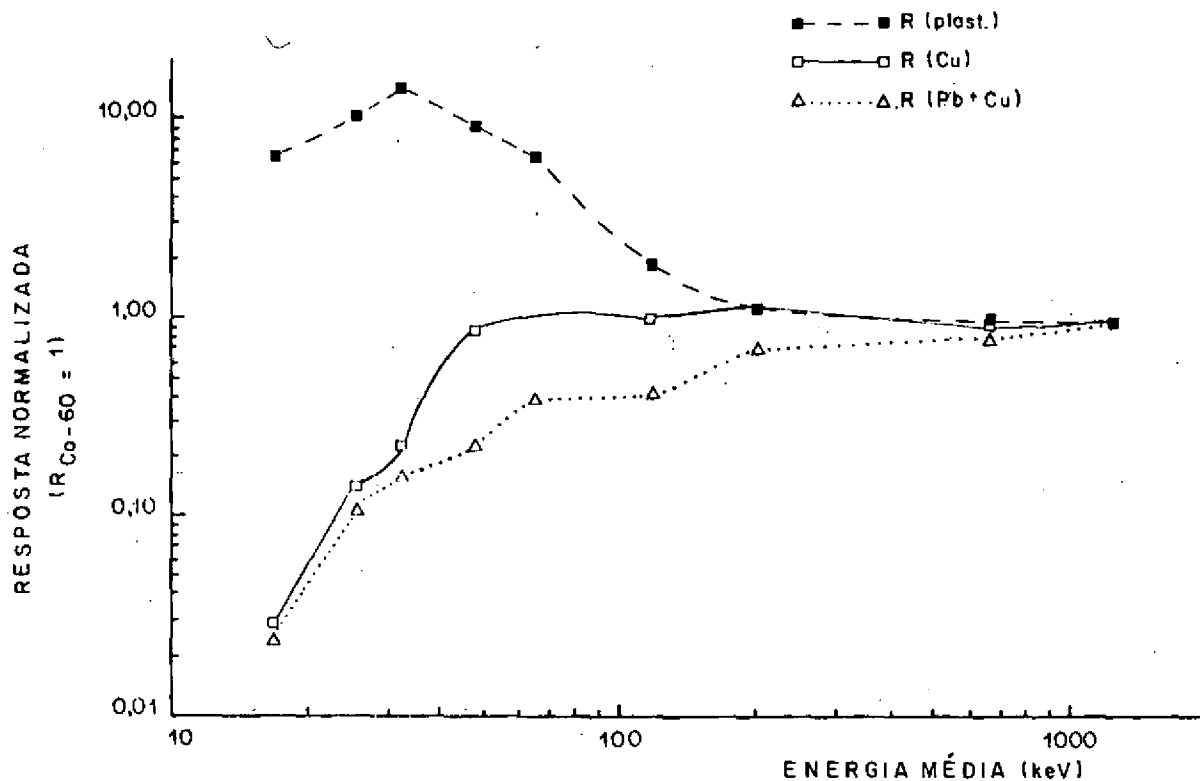


Fig. 1- Resposta sob as janelas de plástico, Cu e Pb + Cu, normalizadas para Co-60.

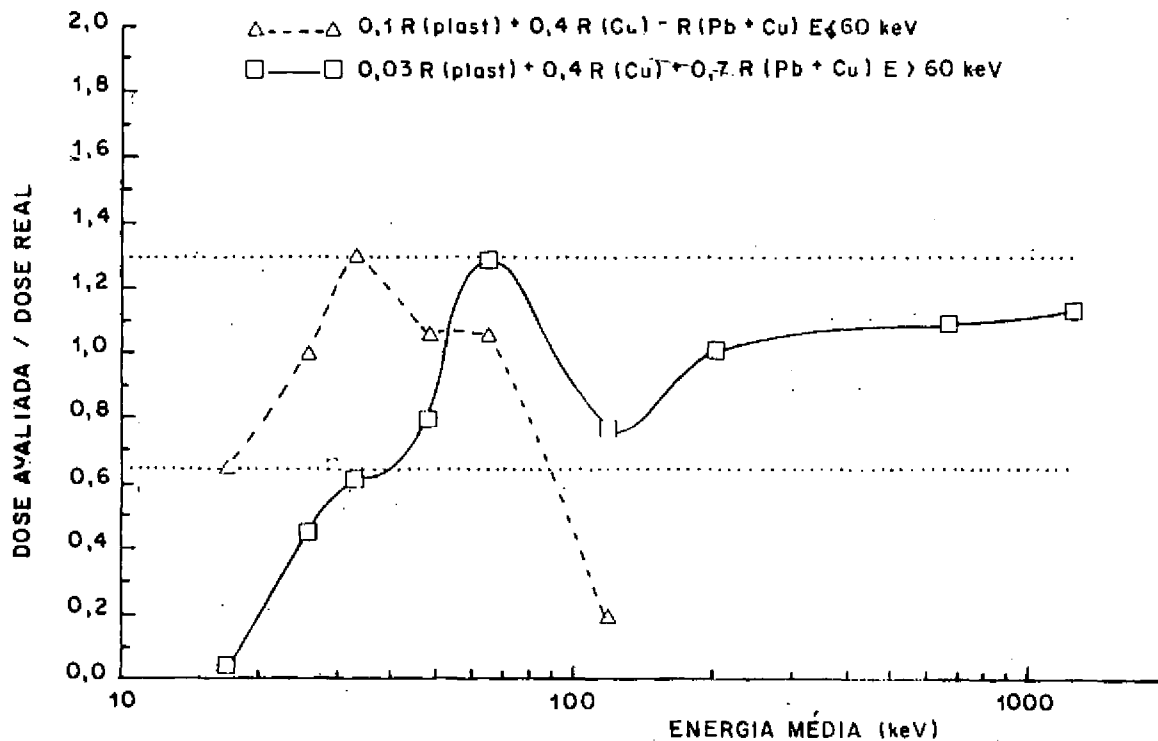


Fig.2 - Combinações lineares para avaliação da dose equivalente.

6th

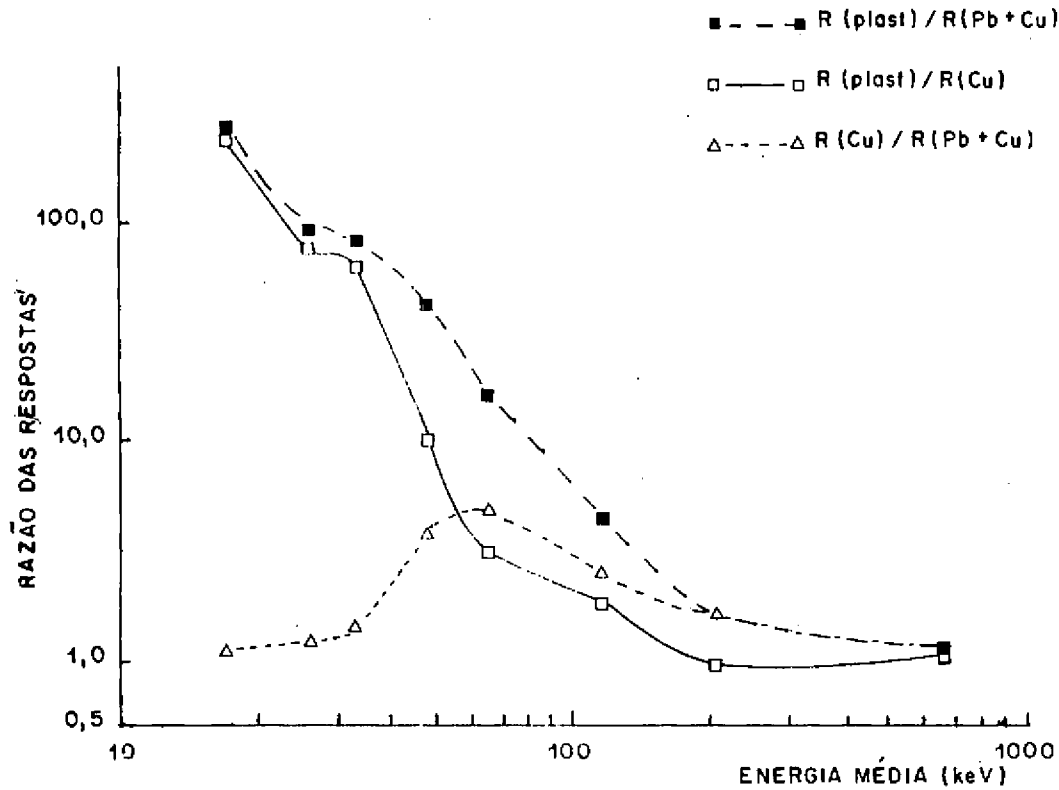


Fig.3 - Dependência energética das razões das respostas $R(\text{plast})$, $R(\text{Cu})$ e $R(\text{Pb} + \text{Cu})$.

08

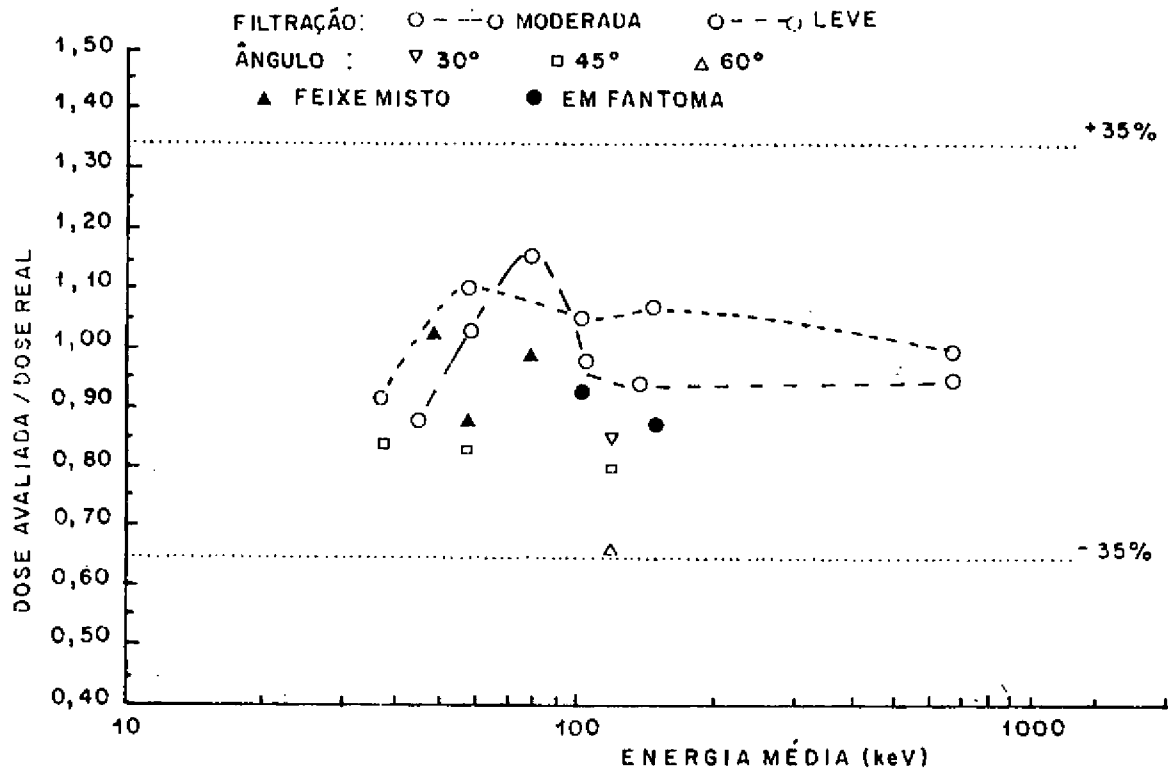


Fig. 4 - Desempenho na avaliação da dose equivalente, em diversas condições.

18

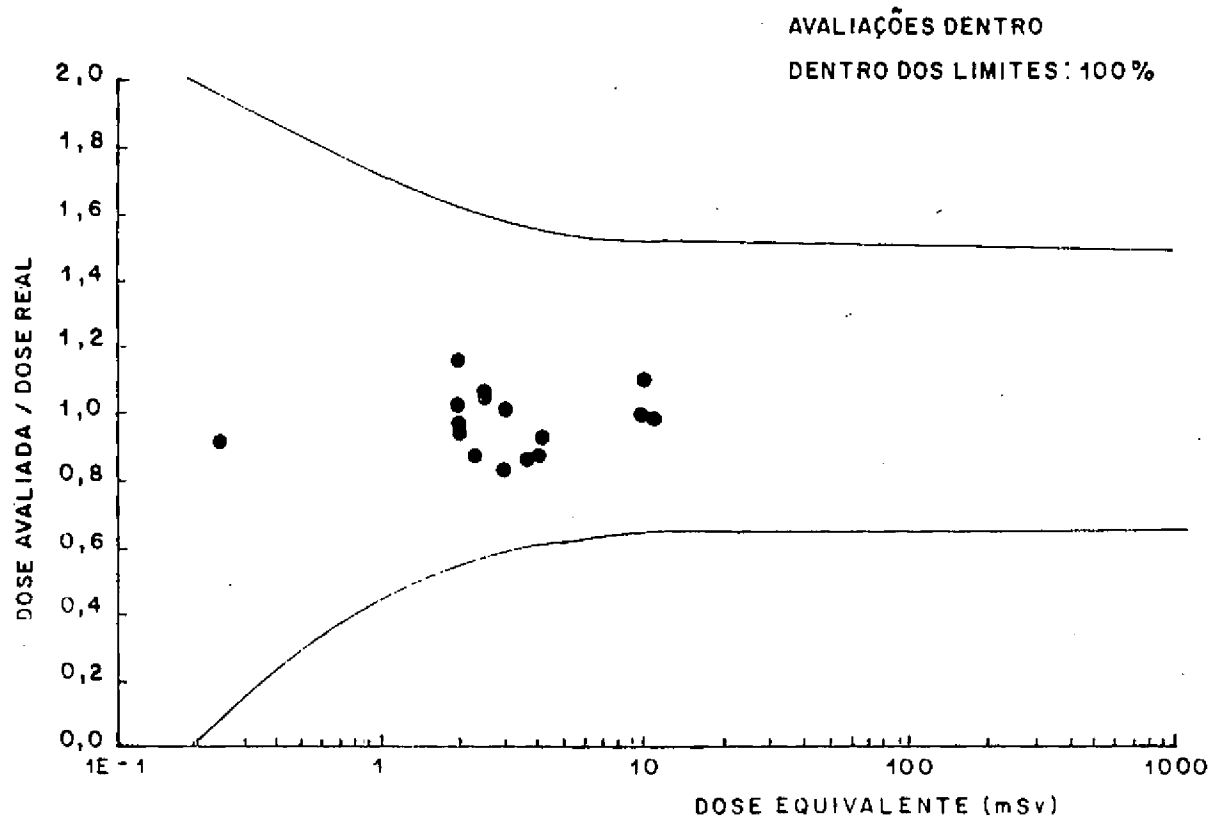


Fig. 5 - Desempenho na avaliação da dose equivalente.