

PROPOSTA DE UM NOVO MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DA DOSE DE RADIAÇÃO PRIMÁRIA, SECUNDÁRIA E RETROESPALHADA EM APARELHO DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

PROPOSAL OF A NEW METHOD FOR THE EVALUATION OF PRIMARY, SECONDARY AND RETRO-SPANISH RADIATION DOSAGE IN A COMPUTERIZED TOMOGRAPHY APPARATUS

SANTOS, Hamilta Oliveira¹
ALMEIDA Filho, Francisco Almeida²

RESUMO

Os equipamentos de radiologia convencional sofreram modificações durante os anos, desde descoberta dos raios X em 1895 por W. Röntgen. Tais modificações levaram a equipamentos mais avançados como os tomógrafos *multislices*, que são equipamentos com vários detectores e, portanto, determinam doses muito altas, tanto no paciente quanto no operador. A radioproteção avança mais timidamente do que a tecnologia utilizada nesses equipamentos, o que obriga, de tempos em tempos, a observância de novos métodos que levem a um avanço nas técnicas de proteção mais eficientes. O objetivo deste artigo é avaliar de forma técnica as dispersões de radiação ionizante dentro da sala no momento da realização do exame. As diretrizes impostas pelas portarias que cuidam da proteção radiológica dispõem de várias informações condizentes com a radiação de fuga, portanto a ideia deste artigo é mostrar através de pelo menos uma película fluorescente disposta em uma região da sala de exame, seguindo as orientações já impostas pelas portarias, porém ajustando alguns pontos para determinar se há probabilidade de dispersão não indicada. O trabalho realizado em hospital público de grande porte levou em consideração a dose em um *phantom* de abdômen, medida a partir das técnicas de protocolo padrão adulto, considerando a radiação primária, secundária e retroespalhada. Os resultados obtidos para o *phantom* de abdômen adulto devem levar à extrapolação para exames em crianças, num futuro próximo.

Palavras-chave: Tomografia computadorizada (CT), Calibração, Radiação X, Dose absorvida, Radioproteção

ABSTRACT

Conventional radiology equipment had modifications over the years since the discovery of X-rays in 1895 by W. Röntgen. Such modifications have led to more advanced equipment such as multislices tomographs, which are equipment with several detectors and therefore, determine very high doses both in the patient and in the X-ray operator. Radioprotection advances more timidly than the technology used in such equipment, which requires, from time to time, the observance of new methods that lead to an advance in the most efficient protection techniques. This article aims to evaluate the dispersion of ionizing radiation in the examination room at the time of the test. The guidelines imposed by the norms related to the radiological protection have several information consistent with the radiation escape, therefore the idea of this article is to show through at least one fluorescent film arranged in a region of the examination room, following the guidelines already imposed by norms, but adjusting some points to determine if there is a probability of dispersion not indicated. The work performed in a large public hospital took into consideration the dose in an abdomen phantom, measured using standard adult protocol techniques, considering primary, secondary and backscattered radiation. The results obtained for the adult abdomen phantom should lead to extrapolation for exams in children in the near future.

Key words: Computed Tomography (CT), Calibration, X-ray, Dose absorbed and Radioprotection.

¹ Docente de Graduação Tecnologia em Radiologia e Mestrada e Doutorado pelo IPEN-USP

² Docente de Graduação Tecnologia Radiologia e Mestrando em Tecnologia Nuclear IPEN-USP

1. INTRODUÇÃO

A descoberta dos raios X por Röntgen impulsionou a medicina com a obtenção de imagens do interior do corpo humano sem uma intervenção invasiva. O diagnóstico por imagem é hoje uma técnica que somente cresce, com aparelhos cada vez mais sofisticados, que utilizam *softwares* precisos para técnicas tanto de diagnóstico convencional como técnicas digitais.⁽¹⁾

O avanço tecnológico levou aos tomógrafos, grandes aliados no diagnóstico tanto de partes moles como ósseas. A grande vantagem da tomografia é fazer o diagnóstico de patologias por meio de cortes que identificam estruturas muito finas.⁽¹⁾

Desde 1917, Johann Radon, utilizando construções matemáticas estudou os conceitos básicos da tomografia, mas apenas em 1971, a partir dos relatos de Allan Cormack e Godfrey Hounsfield foi possível o desenvolvimento do primeiro tomógrafo, o que rendeu a ambos o Prêmio Nobel de Medicina em 1979.⁽¹⁾

Os computadores evoluíram e com isso os tomógrafos. Tomógrafos de quarta geração como os helicoidais não são mais utilizados por causa da grande dispersão de raios X que infere maior dose ao paciente e ao operador.⁽¹⁾

Os tomógrafos do tipo *multislance* possuem mais detectores o que abrevia o tempo de exposição, e, conseqüentemente a dose.

Nos últimos anos a preocupação com a proteção radiológica fez surgir discussões sobre a real necessidade da utilização dos tomógrafos e havendo a necessidade de uso, como diminuir a dose, principalmente em pacientes radiosensíveis.⁽²⁾

Preston, D.L. em 2007 estudou pacientes de rotina e acidental, submetidos a doses médias de 40 mSv de radiação, alertando para o risco de neoplasias malignas de diversos tipos. Isso leva a constantes discussões acerca das rotinas tomográficas e da necessidade de atualização das normas referentes às incidências radiológicas.⁽²⁾

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foi disponibilizado para a pesquisa, um tomógrafo da marca Philips Brilliance CT 6 com 6 canais e potência kVp max 130 mA max 400 mA corte de 0,5 mm a 10 mm, calibrado seguindo as regras de calibração, a sala é devidamente baritada e o posicionamento do equipamento no ambiente segue as normas internacionais.

Dentro da sala além do equipamento, encontramos uma cômoda para guardar aventais e lençóis higienizados, um armário para armazenar todos os acessórios utilizados durante o exame de tomografia computadorizada, um carrinho de parada e uma mesa auxiliar. Também encontramos um *hamper* e aventais plumbíferos.

A sala conta com duas portas, uma para entrada do cliente e outra para entrada na sala de comando. A sala de comando tem acesso a dois tomógrafos e cada sala de exame conta com sanitários para o cliente utilizar durante alguns protocolos específicos, os quais também são utilizados para troca de roupas.

A sala de comando possui três computadores, dois para aquisição da imagem tomográfica e outro para acesso ao RIS (*Radiology Information System*). Esta sala também conta com uma saída para o ambiente externo.

O objetivo do estudo foi analisar as doses referentes a quatro pontos específicos da sala, sendo:

- *Gantry*: avaliar a radiação secundária;
- *Phantom*: avaliar a radiação primária;
- Região podálica da mesa de exame: avaliar radiação secundária;
- Sala de comando: avaliar a radiação secundária.

Os dosímetros que foram utilizados são de sulfato de cálcio dopado com disprósio, que são altamente sensíveis e utilizados para avaliação individual e ambiental. Esses dosímetros foram calibrados com uma fonte de energia conhecida de ¹³⁷Cs que gerou o fator de 23% de erro. Do lote de 210 pastilhas calibradas neste fator foram separadas 39 para este estudo, junto com 13 porta-dosímetros.

A preparação de cada dosímetro se dá da seguinte forma: todas as pastilhas são alocadas em um magazine de forma a não ter contato com a mão humana. Este magazine é alocado em estufa previamente aquecida a 300°, onde permanecerá durante o período de 60 minutos. Esse magazine é retirado da estufa, quando então recebe um choque térmico de uma lâmina de alumínio previamente gelada em um freezer. Em seguida, os dosímetros são selados

e colocados no porta-dosímetro, indicados com numeração respectiva a uma tabela de controle.

A leitura dos dosímetros é feita numa fotomultiplicadora HARSHAW 5500-2, onde as pastilhas são alocadas em um disco próprio e a leitura realizada a partir do aquecimento a 320° destes dosímetros que irão luminescer, em proporção, igual à quantidade de carga em Coulomb. Desta maneira, para validar os resultados durante o processo a fotomultiplicadora realiza um teste inicial de luz e ruído, determinando uma escala padrão, e somente depois da gaussiana plotada tem início a leitura dos dosímetros cujos resultados serão convertidos numa tabela e posteriormente esses dados serão analisados num algoritmo criado para o Excell no setor de Gerência de Metrologia das Radiações do IPEN.

A preparação dos dosímetros se deu seguindo uma sequência em que primeiramente a calibração inicial para a escolha do lote foi feita expondo os dosímetros a uma fonte de energia conhecida de ^{137}Cs . A partir desse processo foi estabelecido um fator de erro de 23%, e desta forma foi determinado que o lote está calibrado. Foram preparadas 210 pastilhas, das quais 39 foram separadas para este projeto. Estas pastilhas escolhidas foram acondicionadas em um magazine sem contato humano para evitar contaminação. Esse magazine, por sua vez, foi colocado numa estufa previamente aquecida a 300°, permanecendo em aquecimento por 60 minutos. Após esse tempo, o magazine foi retirado do forno e sofreu um choque térmico numa lâmina de alumínio previamente congelada num freezer, sem um valor de temperatura específico. Em seguida, procederam-se à selagem desses dosímetros, quando então foram colocados num porta-dosímetro, seguindo a sequência plástico, chumbo e chumbo furado, que é de extrema importância no momento de calcular a média para determinação da energia.

Durante o planejamento do experimento foram definidos quatro pontos específicos para a avaliação da incidência da radiação em estudo de abdômen após o disparo tomográfico sobre o *phantom*. A literatura apresenta locais durante a exposição como sendo de altas doses e outros onde não deve haver qualquer dose. Com isso foi proposto demonstrar graficamente como a radiação se comporta no setor de tomografia computadorizada.

Os pontos escolhidos foram determinados seguindo uma regra de altura e distância, de um metro, e também o uso de três dosímetros para cada ponto, determinando assim uma dose média em 360°, conforme tabela 1.

Tabela 1: Pontos escolhidos para medida dosimétrica

Dosímetro Padrão	Controle para ser utilizado na área que não haverá exposição. Local escolhido: apoiado na mesa de comando durante todo o processo.
Dosímetros 1, 2 e 3	Direcionados ao redor do <i>gantry</i> , lado direito, lado esquerdo e posterior, respectivamente.
Dosímetros 4,5 e 6	Apoiados diretamente no <i>phantom</i> , lado direito, lado esquerdo e cranial, respectivamente.
Dosímetros 7,8 e 9	Direcionados ao redor da região podálica da mesa, lado direito, lado esquerdo e podálica à mesa, respectivamente.
Dosímetros 10,11 e 12	Posicionados na sala de comando, lado esquerdo, lado direito e vidro plumbífero, respectivamente.

Podemos analisar através da figura 1 a localização dos dosímetros indicados na tabela

1.



Parte do experimento foi posicionar um chassi aberto com auxílio de um tripé de soro expondo o *écran* a 1 metro de distância do lado esquerdo do *gantry*, e na altura do *phantom*, representando um acompanhante e com isso determinar se há fuga de radiação secundária e/ou retroespalhada, permitindo assim a visualização do feixe de raios X caso houvesse sensibilização do *écran*.

Para visualizar esta fluorescência, caso houvesse, foi utilizada uma máquina fotográfica semi-profissional.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A olho nu e atrás do vidro plumbífero a angulação do chassi não permitiu visualização do feixe de raios X, e também porque havia reflexo da outra sala de tomografia que compartilha a mesma sala de comando e no instante do experimento faziam atendimento a um cliente.

Ao avaliar a filmagem percebem-se três momentos:

- Primeiro momento: observa-se nitidamente na gravação uma sensibilização no início do planejamento do exame. Essa sensibilização se caracteriza como pontos brancos em diversos locais do visor, no momento do *scout* do *phantom* de abdômen, sendo que no fim desse *scout* esses pontos não aparecem mais. Ao iniciar a simulação de exame os pontos brancos aparecem novamente. Isso faz com que se acredite que há sensibilização, e, portanto, radiação secundária e/ou retroespalhada.

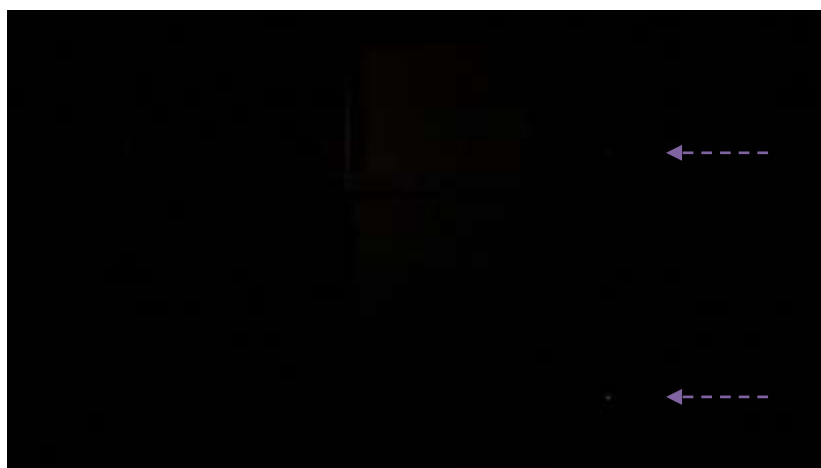


Figura 2 – Sensibilização na câmera durante filmagem (setas, formato de ponto)

- Segundo momento: no tempo de gravação (15 segundos) pode-se verificar algo sutil como se um feixe fluorescente fosse captado pelo *écran*. Esta resposta se concretiza quando a luz da sala acende e o ponto indicado pela sensibilidade é exatamente uma extremidade do chassi.

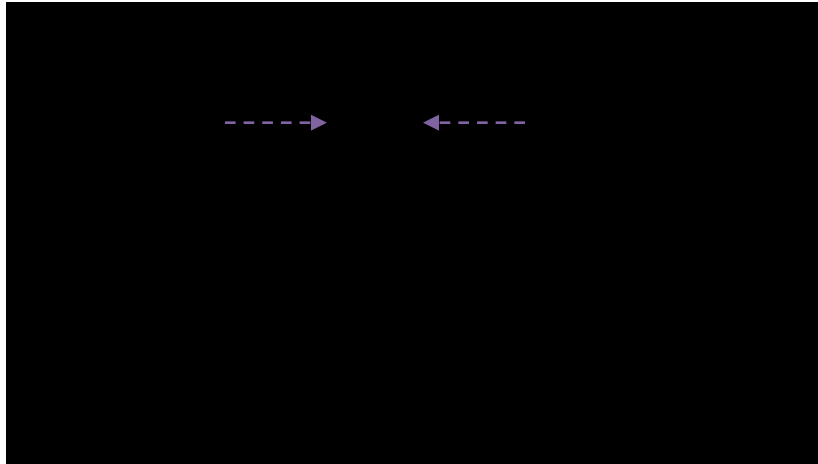


Figura 3 – Sensibilização do chassi no início do *scout* (entre setas, formato de linha)

- Terceiro momento: no tempo de gravação (60 segundos) verifica-se uma nova imagem com características mais visíveis no mesmo local da sensibilização anterior, caracterizando um novo feixe de radiação. Isso, novamente, faz com que se acredite que há sensibilização, e, portanto, radiação secundária e/ou retroespalhada.

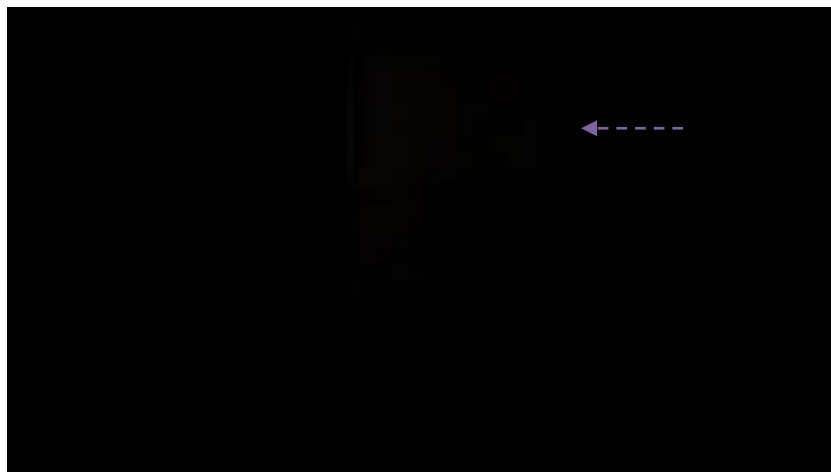


Figura 4: Sensibilização do chassi durante a simulação (seta, formato de ponto)

Na leitura dos resultados obtidos na fotomultiplicadora foi possível verificar que em todos os pontos, salvo exceção *phantom* (radiação primária), a dose de radiação é baixa, o que leva a acreditar na segurança dos operadores durante o processo de aquisição de imagens. Quando observada a dose do dosímetro padrão, o qual ficou na sala de comando sobre a mesa próximo ao operador, identifica-se uma dose superior até mesmo dos dosímetros que estavam ao redor do *gantry*. No momento do experimento um paciente emergencial era atendido por uma equipe médica e a porta da sala do outro tomógrafo onde estava o paciente emergencial estava entreaberta. Esse fato poderia ter aumentado a radiação *background* local (BG), o que ocasionaria o resultado obtido no dosímetro padrão.

A figura 5 mostra os resultados obtidos na fotomultiplicadora depois do tratamento no Excell.

Valor do BG do Laboratório = 0,14		Fatores de Calibração do Lote:		F1 = 0,117 aC		F2 = 0,117 aC		F3 = 0,117 aC		Limites das Relações		Min		Max			
				R1(Ps/Pb0)		R2(Pb/Pb0)		R3(Ps/Pb)									
Dosímetros	Leituras Brutas			Relações			Energias			EM	CVE(%)	H(mSv)			HM (mSv)	OBS	CVH(%)
	Ps	Pb	Pb0	numeros	razoes	numeros	E1	E2	E3			H1(E1)	H2(E2)	H3(E3)			
Control	1,025	1,105	1,130	0,907	0,978	0,929	893,0	911,8	899,2	587,31		0,127	0,134	0,123	9,12	M	1,9
1	1,069	1,079	1,040	1,028	1,008	1,069	893,0	893,0	899,2	609,39		-0,003	0,000	-0,003	9,69	M	-30,3
2	1,016	0,887	0,931	1,081	0,903	1,165	893,0	950,2	899,2	587,44		-0,017	-0,018	0,017	-0,02	M	-5,5
3	3,410	0,923	1,310	2,603	0,705	3,694	192,8	190,3	193,9	192,25	1,0	0,075	0,090	0,080	8,08	M	-3,0
4	110,508	26,920	32,351	3,416	0,832	4,559	117,3	200,1	181,4	199,60	48,0	7,601	5,324	5,918	6,28		6,28
5	144,646	25,320	35,080	4,123	0,722	5,713	100,7	198,9	142,8	148,58	22,7	8,830	5,364	7,895	6,90		6,90
6	1457,757	358,013	306,694	4,703	0,167	4,072	91,7	803,0	192,4	312,39	84,3	88,705	82,650	73,949	74,77		9,8
7	1,269	1,001	0,98	1,298	1,021	1,289	541,7	863,0	489,3	564,61		-0,007	0,002	-0,003	9,00	M	-193,8
8	1,314	0,928	1,003	1,310	0,928	1,416	535,8	485,3	489,3	503,43	0,0	-0,006	-0,006	-0,004	-0,01	M	-32,5
9	1,032	0,878	0,896	1,152	0,990	1,175	899,2	818,6	489,3	588,33	72,2	-0,021	-0,018	-0,019	-0,02	M	-8,8
10	0,962	0,984	1,082	0,888	0,909	0,979	869,0	449,9	489,3	533,31		-0,009	-0,010	-0,009	-0,01	M	-4,1
11	0,978	1,097	1,08	0,909	1,016	0,997	863,0	863,0	489,3	608,29		-0,004	-0,001	-0,004	9,00	M	-51,7
12	1,047	0,977	0,972	1,077	1,005	1,072	863,0	863,0	489,3	609,09		-0,010	-0,007	-0,011	-0,01	M	-20,5

Figura 5 – Dados obtidos da fotomultiplicadora tratados no algoritmo do Excell.

Analisando a figura 5:

- Na coluna “**Dosímetros**” são identificados 13 dosímetros, sendo o primeiro não numerado chamado de controle (padrão) e de 1 a 12, correspondendo aos números já indicados na figura 1, que indicam a localização no experimento.
- Na coluna “**Leituras Brutas**” são identificados os valores de cada pastilha que pertencem ao mesmo porta-dosímetro. A localização de cada pastilha segue a ordem plástico, chumbo e chumbo furado. Posteriormente, é determinada a média de cada dosímetro.
- Na coluna “**EM**” são identificadas as energias de cada dosímetro.
- Na coluna “**HM (mSv)**” são identificadas as doses absorvidas por cada dosímetro e adotado internacionalmente pela ICRP (*International Commission on Radiological Protection*) como dose de registro, e adotou-se o valor de 0,2 mSv. Com isso, quando se identifica a letra **M**, após os valores de dose obtido, pode-se afirmar que a dose está abaixo do valor adotado.

4. CONCLUSÃO

Conclui-se que acerca dos resultados obtidos com relação à fluorescência há necessidade de novos experimentos que utilizem mais pontos para certeza de identificar locais com fuga de radiação ou radiação secundária, retroespalhada e primária, com a utilização de materiais fluorescentes adequados para o processo.

Acerca dos dosímetros produzidos com sulfato de cálcio dopado com disprósio (CaSO₄:Dy), sua alta sensibilidade permitiu determinar com clareza as doses em cada ponto do ambiente, permitindo certificar que o operador está seguro na sala de comando.

A dose recebida pelo *phantom* foi alta na simulação de incidência de abdômen, o que obriga à realização de novos experimentos, onde se busque a minimização de dose com base nas normas vigentes e no ALARA, buscando com isso otimização dos procedimentos tomográficos.

5. AGRADECIMENTOS

Às instituições: GMR/IPEN e CCTM/IPEN (Gerência de Metrologia das Radiações e Centro de Ciência e Tecnologia de Materiais do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares); Revista ENCONTRO X; Universidade Paulista (UNIP); Universidade Estácio de Carapicuíba; Universidade Nove de Julho (UNINOVE).

Aos colaboradores: Dr. Jesualdo Luiz Rossi, Dr^a Letícia Lucente Campos Rodrigues, Dr. Phillip Patrick Dmitruk, Dr. Nelson Batista de Lima, Ms. Vicente de Paulo de Campos e Ms. Gustavo Melcher.

Aos discentes: Amanda Gimenes, Leonardo Giudice Lopes da Silva, João Carlos Alves Prestes e Camila Lopes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMARO JUNIOR, E. e YAMASHITAB, H. Aspectos básicos de tomografia computadorizada e ressonância magnética, Rev Bras Psiquiatr 2001; 23 (Supl I):2-3
2. CASTRO, J.T.S.; LIMA, R.A.; FERREIRA, J.S. Cuidados com proteção radiológica durante tomografia computadorizada multislice em gestante no diagnóstico complementar de displasia tanatofórica fetal. International Joint Conference RADIO 2014 Gramado, RS, Brazil, August 26-29, 2014

Endereço Eletrônico:

Hamilta Oliveira Santos
E-mail: hamilta.santos@gmail.com

Recebido em: 25 de novembro de 2018
Aceito em: 15 de dezembro de 2018