

## Estimativa do risco de câncer em órgãos e tecidos e de efeito hereditário em uma paciente e em uma médica após procedimento de cateterismo cardíaco

Estimation of cancer and hereditary effect risks in a patient and in a physician after cardiac catheterization procedure

W. S. Santos<sup>1</sup>; A. B. Carvalho<sup>2</sup>; A. F. Maia<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Núcleo de Pós-Graduação em Física, Universidade Federal de Sergipe, 49100-000, São Cristóvão-Se, Brasil

<sup>2</sup>Departamento de Física, Universidade Federal de Sergipe, 49100-000, São Cristóvão-Se, Brasil

williathan@yahoo.com.br

---

Cateterismo cardíaco é uma prática muito comum que utiliza radiação X para gerar as imagens necessárias das estruturas do paciente para diagnóstico de algumas doenças do coração. Durante o procedimento, pacientes e médicos são expostos a radiação X por longos períodos de tempo, que podem ser suficientes para causar lesões de pele e, até mesmo, aumentar o risco de aparecimento de efeitos tardios da radiação, como o desenvolvimento de câncer ou o aparecimento de efeitos hereditários. O objetivo desse estudo foi estimar, para um exame de cateterismo cardíaco, utilizando método Monte Carlo, os coeficientes de conversão de doses equivalente e efetiva e as probabilidades de desenvolvimento de câncer e do aparecimento de efeitos hereditários tanto na paciente e quanto na médica. Considerando apenas a realização de um procedimento, os riscos de desenvolvimento de câncer e de aparecimento de efeitos hereditários, como esperado, foram maiores para a paciente. Além disso, os resultados comprovaram que o aumento da diferença de potencial no tubo, já que gera um aumento da dose em órgãos e tecidos, aumenta os riscos associados ao procedimento, tanto de desenvolvimento de câncer quanto de aparecimento de efeito hereditário.

Palavras-chave: Cateterismo; dosimetria; Monte Carlo

Cardiac catheterization is a common practice that uses X-rays to create images of structures necessary for the patient's diagnosis of certain diseases of the heart. During the procedure, patients and physicians are exposed to X-rays for long periods of time, which may be sufficient to cause skin lesions and even increase the risk of developing late effects of radiation, such as the development of cancer or onset of hereditary effects. The aim of this study was to estimate, for an examination of cardiac catheterization, using Monte Carlo method, the conversion coefficients of effective and equivalent doses and the probability of developing cancer or hereditary effects in both patient and physician. Considering only the performance of a procedure, the risks of developing cancer and hereditary effects appear, as expected, were higher for the patient. In addition, the results showed that increasing the potential difference across the tube, since it generates an increase in dose to organs and tissues, increases the risks associated with the procedure.

Keywords: Catheterization; dosimetry; Monte Carlo

## 1. INTRODUÇÃO

Os procedimentos de cateterismo cardíaco vêm se tornando cada vez mais comuns em pacientes com suspeita de doença do coração, pois permitem a obtenção de um diagnóstico preciso e, até mesmo, possibilitam a terapia, dispensando, nestes casos, a intervenção cirúrgica. Esse tipo de procedimento vem crescendo vertiginosamente nas últimas décadas em aplicações médicas utilizando técnicas minimamente invasivas através de imagens geradas por modernos equipamentos emissores de raios X. No entanto, acompanhando esse progresso, cresce também o número de procedimentos, vários deles complexos, demandando tempos de execução muito longos [1]. Assim, os pacientes e profissionais médicos envolvidos estão sendo expostos a fontes de raios X por longos períodos de tempo, muitas vezes suficiente para causar lesões de pele e, até mesmo, aumentar o risco de aparecimento de efeitos tardios da radiação, como o câncer ou efeitos hereditários [2,3].

Durante o exame, o médico fica próximo ao paciente e ao tubo de raios X, sendo irradiado em diferentes partes do seu corpo. Neste contexto, esses indivíduos têm recebido atenção especial de organismos nacionais e internacionais competentes em matéria de proteção radiológica [4].

Muitos estudos vêm sendo realizados utilizando o método Monte Carlo na Física Médica, tornando-o uma ferramenta útil na estimativa da dose efetiva (E) e equivalente (H), tanto nos pacientes, como nos profissionais expostos à radiação. Conhecer estas grandezas é a melhor forma de estimar o risco associado à exposição a radiações ionizantes. Para calcular a dose efetiva, é necessário conhecer as doses em cada órgão com boa precisão. Entretanto, as medidas diretas são muito difíceis e em muitos casos impossíveis de se realizar [5]. Neste sentido, uma abordagem usual na avaliação da dose equivalente e dose efetiva em cateterismo cardíaco é medir durante o procedimento, o produto kerma-área (*PKA*) e multiplicá-lo por um adequado coeficiente de conversão de dose (CCs) obtido geralmente por simulação de transporte de radiação utilizando o método Monte Carlo (MC) [6]. O objetivo deste estudo foi, portanto, determinar os CCs para uma paciente e para uma médica, participantes de um procedimento de cateterismo cardíaco e, a partir dos CCs, estimar o risco de desenvolvimento de câncer ou aparecimento de efeitos hereditários como consequência do procedimento médico realizado.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Atualmente muitos pesquisadores têm utilizado simuladores antropomórficos acoplados a um código computacional baseados no método Monte Carlo para avaliar o risco de radiação da exposição de raios X diagnóstico através da estimativa da distribuição de dose em órgãos e tecidos. Para tanto, para obter a dose equivalente e efetiva absoluta, estima-se um coeficiente de conversão que deve ser multiplicado pelo valor medido de uma grandeza diretamente mensurável, como o kerma no ar. Neste estudo, a estimativa da dose na paciente e médica foi obtida através da utilização do simulador antropomórfico computacional de voxel desenvolvido pelo grupo de pesquisadores da Universidade Federal de Pernambuco. A construção desse simulador (Female Adult voXel (FAX)), [7], foi realizada com base em um banco de imagens de tomografia computadorizada de uma mulher adulta com características anatômicas similares ao da mulher adulta de referência publicada pela International Commission on Protection Radiological (ICRP-89) [8]. O simulador foi introduzido no código Visual Monte Carlo (VMC) [9] considerando suas características químicas e físicas. Inicialmente foi elaborado um cenário de irradiação composto pela médica, pela fonte de radiação e pela paciente, como pode ser vista na figura 1. O cenário de exposição elaborado descreveu uma situação extrema de procedimento, ou seja, a médica não utilizava equipamentos de proteção individual (EPI), como, por exemplo, o avental plumbífero ou o protetor de tireóide.

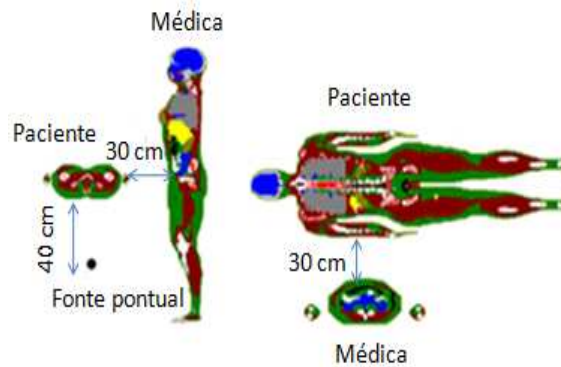


Figura 1: Modelo de cenário de irradiação utilizado simuladores computacionais de voxel

Para estimar o  $PKA$ , consideramos o tubo de raios X como sendo uma fonte pontual que emitia fótons em um ângulo sólido cobrindo uma região planar composta de ar atmosférico de área de  $218 \text{ cm}^2$ , equivalente ao tamanho de campo irradiado no tórax da paciente. Os parâmetros radiográficos utilizados na simulação foram: corrente e filtração no tubo de  $13,2 \text{ mA}$  e  $3 \text{ mmAl}$  respectivamente, distância foco-superfície (DFS) de  $40 \text{ cm}$ , e dois valores de diferença de potencial no tubo,  $73$  e  $86 \text{ kV}$ . O  $PKA$  foi determinado por meio do produto do kerma no ar simulado e multiplicado pela área de campo irradiado. A figura 2 ilustra o cenário utilizado na obtenção do kerma no ar.

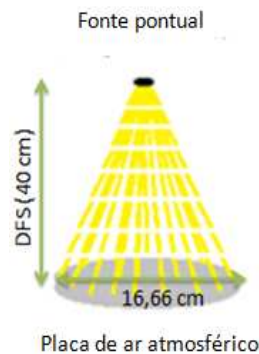


Figura 2: Cenário de irradiação para obtenção do kerma no ar

### 2.1 Probabilidade de desenvolvimento de efeitos tardios para a paciente e para a médica.

A probabilidade de desenvolvimento de câncer em órgãos/tecidos e de aparecimento de efeitos hereditários em termos do  $PKA$  após o cateterismo cardíaco foi estimado multiplicando o coeficiente de conversão de dose equivalente e efetiva pelo coeficiente de risco de câncer e de efeito hereditário de cada órgão, obtidos em publicações internacionais [10,11]. Essas publicações propõem coeficientes de risco para diferentes órgãos/tecidos, para câncer e efeito hereditário, para a população em geral e para trabalhadores adultos.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a estimativa da dose para diversos órgãos e tecidos da paciente e da médica durante procedimento de cateterismo, foi possível determinar os diversos valores de  $CCs$  de dose equivalente ( $CC_H$ ) e a probabilidade de câncer ( $PC$ ) para os órgãos/tecidos da paciente e da médica, normalizados em termos do  $PKA$  estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1: Valores, normalizados por PKA, dos CCs de dose equivalente e da probabilidade de desenvolvimento de câncer em órgãos e tecidos da médica e da paciente para duas diferenças de potencial no tubo, 73 kV e 86 kV. Os fatores de risco ( $F_r$ ) utilizados também estão apresentados.

Órgãos (Paciente)	$F_r$ ( $10^{-4}\text{Sv}^{-1}$ )	73 kV		86 kV	
		$CC_H/PKA$ (mSv/Gycm <sup>2</sup> )	$PC/PKA$ ( $10^{-6}\text{Gy}^{-1}\text{cm}^{-2}$ )	$CC_H/PKA$ (mSv/Gycm <sup>2</sup> )	$PC/PKA$ ( $10^{-6}\text{Gy}^{-1}\text{cm}^{-2}$ )
Fígado	30	0,1270	0,381	0,1507	0,452
Cólon	65	0,0192	0,125	0,0244	0,158
Estômago	79	0,1289	1,018	0,1539	1,215
M. Óssea	42	0,0504	0,211	0,0631	0,265
Tireóide	33	0,0060	0,019	0,074	0,024
Seios	112	0,0684	0,766	0,0825	0,924
Pulmão	43	0,2890	0,001	0,0005	0,002
Pele	1000	0,0622	6,22	0,0653	6,53
Ovário	11	0,0012	0,001	0,0022	0,002

Continuação

Órgãos (médica)	$F_r$	$CC_H/PKA$	$PC/PKA$	$CC_H/PKA$	$PC/PKA$
Fígado	21	0,0016	0,003	0,0022	0,005
Cólon	50	0,0015	0,008	0,0021	0,010
Estômago	60	0,0017	0,010	0,0023	0,014
M. Óssea	23	0,0003	0,001	0,0005	0,001
Tireóide	9	0,0011	0,001	0,0015	0,001
Seios	49	0,0033	0,016	0,0043	0,021
Pulmão	42	0,0023	0,010	0,0029	0,012
Pele	670	0,0022	0,153	0,0026	0,176
Ovário	7	0,0011	0,001	0,0016	0,001

Como esperado, a tabela 1 mostra que os maiores CCs de dose equivalente foram obtidos para a paciente, resultando em maiores chances dessa obter câncer nos órgãos. Maior dose na paciente foi acompanhada também de um aumento de dose na médica. Dentre os órgãos e tecidos avaliados, a pele, os seios e o estômago foram os que obtiveram os maiores riscos de ocorrência de câncer. Outro resultado importante obtido por este estudo foi o cálculo da probabilidade de câncer ( $PC$ ) e do surgimento do efeito hereditário ( $PH$ ) em termos do PKA. Nesse sentido, foram estimados esses riscos para os indivíduos estudados utilizando os fatores de risco ( $F_r$ ) fornecidos pela ICRP 103. As tabelas 2 e 3 apresentam os principais valores de CCs de dose efetiva ( $CC_E$ ), probabilidades de câncer ( $PC$ ) e efeitos hereditários ( $PH$ ) para dois tipos de diferença de potencial.

Tabela 2. Coeficiente de dose efetiva, probabilidade de câncer e efeito hereditário em termos do PKA para diferença de potencial no tubo de 73 kV.

Indivíduo exposto	$F_R$ ( $10^{-2}\text{Sv}^{-1}$ )		$CC_E/PKA$ (mSv/Gycm <sup>2</sup> )	$PC/PKA$ ( $10^{-6}\text{Gy}^{-1}\text{cm}^{-2}$ )	$PH/PKA$ ( $10^{-6}\text{Gy}^{-1}\text{cm}^{-2}$ )
	Câncer	Efeito hereditário			
Paciente	5,5	0,2	0,0325	0,01788	0,00065
Médica	4,1	0,1	0,0013	0,00050	0,00001

Tabela 3. Coeficiente de dose efetiva, probabilidade de câncer e efeito hereditário em termos do PKA para diferença de potencial no tubo de 86 kV.

Indivíduo exposto	$F_R$ ( $10^{-2}\text{Sv}^{-1}$ )		$CC_E/PKA$ (mSv/Gycm <sup>2</sup> )	$PC/PKA$ ( $10^{-6}\text{Gy}^{-1}\text{cm}^{-2}$ )	$PH/PKA$ ( $10^{-6}\text{Gy}^{-1}\text{cm}^{-2}$ )
	Câncer	Efeito hereditário			
Paciente	5,5	0,2	0,0390	0,02147	0,00078
Médica	4,1	0,1	0,0016	0,00067	0,00002

Os resultados apresentados nas tabelas 2 e 3 mostram que os  $CC_E$  aumentam com o aumento da tensão no tubo. Quanto maior for a diferença de potencial maior será a probabilidade de ocorrência de câncer no órgão irradiado. Um parâmetro que deve ser destacado é a posição do campo. Como o campo está na altura do tórax da paciente, onde há um grande número de órgãos críticos, o resultado é a obtenção de maiores CCs de dose efetiva e, conseqüentemente, maiores probabilidades de desenvolvimento de câncer para esses órgãos.

#### 4. CONCLUSÃO

Este estudo estimou um conjunto de coeficiente de conversão de dose equivalente, efetiva, probabilidade de desenvolvimento de câncer e de aparecimento de efeitos hereditários para uma paciente e para uma médica como consequência da realização de um procedimento de cateterismo cardíaco. Foi investigada a variação de dose para dois valores de tensão no tubo de 73 e 86 kV. A partir da análise dos resultados, podemos comprovar e quantificar o aumento da dose absorvida nos órgãos/tecidos da paciente e da médica em decorrência do aumento da tensão no tubo. Doses maiores em órgãos/tecidos implicam no aumento do risco de desenvolver câncer e de haver manifestação de efeito hereditário.

Monitoramento da dose durante os procedimentos de cateterismo e a avaliação de equipamentos e técnicas utilizadas são requisitos importantes na diminuição do risco dos pacientes à radiação.

- 
1. SULIEMAN, A.; PAROUTOGLU, G.; KAPSORITAKIS et al. Reduction of radiation doses to patients and staff during endoscopic retrograde cholangiopancreatography. *The Saudi j. of Gastr* 17, 23-29 (2011).
  2. VANO, E.; ARRANZ, L.; SASTRE, J et al. Dosimetric and radiation protection considerations based on some cases of patient skin injuries in interventional cardiology. *Br. J. Radiol* 71, 510-516 (1998).
  3. IOANNIS, A.; T, VIRGINIA.; K, ALKIVIAADIS et al. Estimation of radiation doses to patients and surgeons from various fluoroscopically guided orthopaedic surgeries. *Rad. Prot. Dosimetry* 128, 112-119 ( 2008).
  4. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). Applying radiation safety standards in diagnostic radiology and interventional procedures using X rays. *Safety Report Series N° 39 IAEA*, Viena (2006).
  5. BOR, D et al. Comparation of effective doses obtained from dose-area product and air kerma measurements in interventional radiology. *Br. J. Radiol*, 77, 315-322 ( 2004).
  6. KRAMER, R et al. Equivalent dose to organs and tissues in hysterosalpingography calculated with the FAX (Female Adult VoXel) phantom. *Br. J. Radiol*. 79, 893-898 (2006)
  7. KRAMER, R.; KHOURY, H.; VIEIRA, J.; et al. . All about FAX: a female adult voxel phantom for Monte Carlo calculation in radiation protection dosimetry. *Phy. Med. Biol.* 49, 5203-5216 (2004).
  8. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. Basic anatomical and physiological data for use in radiological protection: reference values. International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 89, *Pergamon, Press, Oxford* (2003)
  9. HUNT, J.; SILVA,F.; SANTOS,S et al. Visual Monte Carlo and its application to internal and external dosimetry. In: Kling A, Barao F, Nakagawa M, Tavora L, Vaz P, eds. *Advanced Monte Carlo for Radiation Physics, Particle Transport Simulation and Applications. Proceedings of the Monte Carlo 2000 Conference. Berlin, Germany: Springer* 25, 345-350 (2000).
  10. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. Recommendations of the international commission on radiological protection. ICRP Publication 103 *Elsevier* 37, 61- 62 (2007)
  11. COMMITTEE TO ASSESS HEALTH RISKS FROM EXPOSURE TO LOW LEVELS OF IONIZING. Health risks from Exposure to Low levels of ionizing Radiation BEIR VII Phase 2. *The National Academies Press, Washington, D.C* (2006).