

Departamento de Doenças Tropicais e Diagnóstico por Imagem

Laboratório de Física Aplicada ao Radiodiagnóstico



## Trabalho de Conclusão de Curso

### **Avaliação da Exposição à Radiação no Médico Intervencionista em Procedimentos no Setor de Hemodinâmica**

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Diana Rodrigues de Pina

Graduando: Fernando Antonio Bacchim Neto

Botucatu – SP

2014

IBB/UNESP – Instituto de Biociências

Departamento de Física e Biofísica – Rubião Júnior, s/nº CP 510

Botucatu/SP – 18618-000 - Fone/fax: (14) 3811-6254/6346

e-mail: [biofisica@ibb.unesp.br](mailto:biofisica@ibb.unesp.br) – site : [www.ibb.unesp.br](http://www.ibb.unesp.br)



**Universidade Estadual Paulista**  
**“Júlio de Mesquita Filho”**  
**INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS**  
Campus de Botucatu



**Fernando Antonio Bacchim Neto**

**Avaliação da Exposição à Radiação no Médico  
Intervencionista em Procedimentos no Setor de  
Hemodinâmica**

Monografia apresentada ao Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Campus de Botucatu, para obtenção do título de Bacharel em Física Médica.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Diana Rodrigues de Pina

Botucatu

2014

## **Agradecimentos**

Aos meus pais, pessoas incríveis, Ludmar José Bacchim e Márcia Raquel Pelaes Bcchim, pelo apoio incondicional. Agradeço pelos conselhos imprescindíveis e pela dedicação e amor com que me educam.

Aos meus familiares, avós e tios, cada um sabe a imensa participação que desempenhou durante essa etapa da minha vida.

À Caroline Medeiros Geraldini pelo companheirismo e alegria diária. Agradeço também por ser um exemplo de dedicação na vida acadêmica.

Aos Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Diana Rodrigues de Pina e Prof. Dr. José Ricardo de Arruda Miranda pela orientação e apoio na minha formação acadêmica e principalmente pela amizade cultivada com a convivência diária, seja ela dentro ou fora da universidade. Pessoas pelas quais guardo um carinho enorme.

À Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Regina Moura pela dedicação e comprometimento durante a execução deste projeto.

Aos amigos de laboratório, pessoas dos grupos LAFAR e BIOMAG, pela amizade sempre presente durante a constante convivência e aprendizado.

Aos amigos e irmãos da república Bagudos.

Aos funcionários do setor de Hemodinâmica da Faculdade de Medicina de Botucatu-UNESP pelo apoio constante neste projeto.

A todos que de alguma forma participaram da execução deste trabalho.

## Resumo

A Radiologia Intervencionista (RI) é a área do radiodiagnóstico que proporciona os maiores valores de dose para a equipe médica. Estudos mostram que os dosímetros pessoais podem subestimar os valores de dose nos médicos intervencionistas, principalmente nas extremidades e nos cristalinos, dificultando a análise dos riscos envolvidos com os procedimentos intervencionistas para a equipe médica. O objetivo do presente estudo foi investigar os perfis de exposição à radiação da equipe médica durante diferentes procedimentos intervencionistas no Setor de Hemodinâmica do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HC-FMB). Foram selecionadas três categorias de procedimentos: angiografias, angioplastias, com ou sem fixação de *stents* e angioplastias com fixação de endopróteses (no caso de acidentes vasculares do tipo aneurismas). Os grupos foram denominados: diagnóstico, angioplastia e endoprótese, respectivamente. Para cada procedimento, foram colocados dosímetros no médico intervencionista principal e em um assistente nos seguintes locais: alguns centímetros abaixo dos cristalinos, tireoide, tórax, gônadas, mão e pé. Os dosímetros foram fixados sobre a superfície destas estruturas inclusive acima das vestimentas de proteção radiológica. Ao todo foram avaliados 23 procedimentos, sendo 10 diagnósticos, 9 angioplastias e 4 endopróteses. Para as categorias diagnóstico e angioplastia, os maiores valores de dose por procedimento, para os intervencionistas principais, foram na região das gônadas ( $227,2 \pm 201,9 \mu\text{Sv}$  e  $209,6 \pm 109,5 \mu\text{Sv}$  respectivamente) para os intervencionistas assistentes foram na região dos pés ( $93,2 \pm 78,7 \mu\text{Sv}$  e  $69,9 \pm 47,8 \mu\text{Sv}$  respectivamente). Nos procedimentos do tipo endoprótese, tanto para os intervencionistas principais quanto para os assistentes, os maiores valores de dose foram para as regiões das gônadas ( $1894,5 \pm 1131,5 \mu\text{Sv}$  e  $1818 \pm 1521,1 \mu\text{Sv}$  respectivamente). Com base nos perfis de exposição de cada modalidade de exame, foram estimados os números de procedimentos que podem ser realizados sem que sejam excedidos os níveis de referência vigentes, tanto para o intervencionista principal quanto para o assistente. Os números máximos de procedimentos anuais foram estimados descontando as porcentagens de atenuação das proteções radiológicas. Para procedimentos do tipo diagnóstico, angioplastia e endoprótese para os intervencionistas principais, os números máximos de procedimentos anuais foram 1190, 826 e 209 respectivamente, já para os intervencionistas assistentes, foram 1725, 2232 e 398 respectivamente. Os valores de desvio padrão encontrados evidenciam o grande dinamismo característico da RI. Essas informações auxiliam na otimização da relação risco/benefício para o profissional intervencionista e proporcionam melhores conclusões sobre quais ações são necessárias para garantir a proteção radiológica dos profissionais.

**Palavras-chave:** Proteção Radiológica, Radiologia Intervencionista, Indivíduo Ocupacionalmente Exposto.

## Abstract

Interventional Radiology (IR) is the area of radiology that provides the highest doses of radiation for medical staff. Studies show that personal dosimeters may underestimate doses in OEI, especially in the extremities (hands and feet) and in the eye lens. The aim of this study was to investigate the radiation exposure profiles in medical staff during different interventional procedures in Hemodynamics Service, Botucatu Medical School. among all procedures we choose: angiography, angioplasty, with or without stents fixation and angioplasty with endoprosthesis fixation (in case of stroke kind aneurysms). The groups were designated: diagnosis, angioplasty and aneurysms treatment, respectively. In each evaluation procedures, dosimeters were placed at the primary interventional radiologist and at one assistant who remained in the room throughout the procedure. Dosimeters were fixed at the following locations: a few inches below the eye lens (on top of the surgical mask), thyroid, chest, gonads, hand (bottom of the pulse) and foot, above the radiological protection vests as lead apron and thyroid shield. 23 procedures were evaluated: 10 diagnostics, 9 angioplasty and 4 aneurysm treatment. For diagnostic and angioplasty categories, the highest dose values per procedure for main interventionist, were in the region of gonads ( $227.2 \pm 201.9 \mu\text{Sv}$  and  $209.6 \pm 109.5 \mu\text{Sv}$  respectively) for assistant interventional, were in the region of the feet ( $93.2 \pm 78.7 \mu\text{Sv}$  and  $69.9 \pm 47.8 \mu\text{Sv}$  respectively). In the procedures of endoprosthesis type, for both the main interventionist as to the assistants, the highest dose values were for the regions of the gonads ( $1894.5 \pm 1131.5 \mu\text{Sv}$  and  $1818 \pm 1521.1 \mu\text{Sv}$  respectively). Based on the exposure profiles of each type of exam, the number of procedures that can be performed without the current reference levels are exceeded, both the main interventionist and for the assistant were estimated. The maximum number of annual procedures were estimated by discounting the percentages of attenuation of radiological protection. For diagnosis procedures, angioplasty and endoprosthesis, for the main interventionist, the maximum number of annual procedures were 1190, 826 and 209 respectively, while for the interventionists assistants, were 1725, 2232 and 398 respectively. The standard deviation values found evidence the great characteristic dynamism of RI. This information helps in optimizing the risk / benefit for the interventional professional and provide better conclusions about what actions are necessary to ensure the radiological protection of workers.

**Keywords:** Radiological Protection, Interventional Radiology, Occupationally Exposed Individual.

## Sumário:

1. Introdução .....	7
2. Objetivos .....	10
3. Metodologia .....	11
3.1. Seleção das modalidades de procedimentos avaliados .....	11
3.2. Dosimetria dos profissionais .....	11
3.3. Determinação de um número máximo de procedimentos anuais .....	12
4. Resultados e Discussões .....	13
5. Conclusão .....	18
Referências Bibliográficas .....	20

# 1. Introdução

A utilização da radiação ionizante dentro da medicina aumenta anualmente. Devido ao fácil acesso e ao rápido desenvolvimento dos equipamentos, no Brasil, o uso desse recurso cresce a taxas próximas de 10% ao ano. Os benefícios do emprego dessa tecnologia são inquestionáveis, tanto no diagnóstico médico como na terapia (Miller *et al.* 2010b, Soares *et al.* 2011).

Uma importante aplicação da radiação ionizante na medicina é a radiologia intervencionista (RI). Essa aplicação compreende intervenções tanto diagnósticas quanto terapêuticas realizadas por acesso percutâneo e guiadas através de imagens fluoroscópicas. Assim, são localizadas lesões vasculares e seus respectivos locais de tratamento (Hausler *et al.* 2009). A fluoroscopia proporciona imagens dinâmicas, em tempo real, permitindo aplicações nestes exames que necessitam da obtenção de imagens de estruturas ou funções do organismo, podendo fazer uso de meios de contrastes (Hausler *et al.* 2009, Kim *et al.* 2012).

A radiologia intervencionista teve um avanço na metade da década de 1970 devido ao aumento da capacidade das técnicas de aquisição de imagens médicas. Desde então, o emprego dessas técnicas vem crescendo de maneira notável, já que substituem cirurgias complicadas e altamente invasivas por procedimentos mais simples, menos invasivos, diminuindo o tempo de recuperação assim como o custo total para a instituição (Miller *et al.* 2010b, Soares *et al.* 2011, Kim *et al.* 2012).

Devido à extrema proximidade e o longo período de exposição dos intervencionistas à radiação espalhada durante a formação de imagens fluoroscópicas, a RI é a área da medicina responsável pelas maiores doses de radiação ionizante na equipe (ICRP 2007, Hausler *et al.* 2009, Jacob *et al.* 2013).

Os valores de dose aos quais os intervencionistas são expostos na hemodinâmica são difíceis de padronizar. Estas doses dependem de muitos fatores, como tempo de exposição, carga no tubo de raios X, tipo de exame, locais de intervenção e da anatomia e condições gerais do paciente (ICRP 2007, United Nations. Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. 2008). A proteção radiológica dos indivíduos ocupacionalmente expostos (IOE) é de fundamental importância em procedimentos

hemodinâmicos. Estudos mostram que os dosímetros pessoais podem subestimar a dose nos IOE, principalmente nas suas extremidades (Hausler *et al.* 2009, Schonfeld *et al.* 2011, Jacob *et al.* 2013).

A avaliação da radiação durante um procedimento intervencionista permite um melhor entendimento sobre quais ações são necessárias para garantir a proteção radiológica dos profissionais. Os profissionais que permanecem mais próximos ao paciente são os que recebem maiores níveis de radiação, já que este é a principal fonte de radiação espalhada (Hausler *et al.* 2009, Vano *et al.* 2010, Schonfeld *et al.* 2011).

Vários outros fatores podem modificar o risco de radiação para a equipe, como a altura do profissional, o local de posicionamento na sala, a posição do tubo em relação à mesa e ao paciente, o uso adequado de vestimentas e anteparos de proteção radiológica, e principalmente o tempo total ao qual foi exposto (ICRP 2007, Kim *et al.* 2012, Chida *et al.* 2013, Jacob *et al.* 2013).

Por envolver o uso de radiação ionizante durante longos períodos e a particular proximidade do médico ao paciente durante a irradiação, a RI é uma modalidade na qual as exposições devem ser controladas. Dessa maneira pode-se otimizar a razão risco/benefício, ou seja, controlar as exposições, aproveitando-as ao máximo, e produzindo imagens com técnicas ótimas (Wagner *et al.* 1994, Hausler *et al.* 2009, Vano *et al.* 2010, Chida *et al.* 2013).

Os benefícios da radiologia intervencionista são inquestionáveis, porém, a exposição excessiva à radiação pode ocasionar danos severos tanto aos pacientes quanto aos profissionais. Evidencia-se assim a importância de estudos que avaliem as doses recebidas sob condições típicas de um procedimento. Estas avaliações trarão subsídios para medidas de proteção radiológica de toda a população (Hausler *et al.* 2009, Vano *et al.* 2010).

A dosimetria da radiação ionizante pode ser realizada através de um dispositivo ou sistema que meça, de maneira direta ou indireta, certa quantidade de radiação. Existem muitas grandezas que podem ser mensuradas, como o kerma, a dose absorvida, a dose equivalente e a dose efetiva (Attix 1986).

As propriedades desejáveis de um dosímetro são: exatidão e precisão, linearidade, dependência da dose ou taxa de dose, resposta a energia medida, dependência direcional e

resolução espacial. Obviamente, nem todos os dosímetros podem satisfazer todas estas características. A escolha de um dosímetro de radiação deve, portanto, ser feita criteriosamente, levando em conta as exigências da situação da medição (Podgorsak *et al.* 2005, Knoll 2010).

No radiodiagnóstico, o conhecimento exato tanto da dose absorvida no ar quanto em um meio simulador (acrílico) e a sua distribuição espacial são de grande importância, bem como a possibilidade de obter a dose para um órgão de interesse no paciente. Os medidores de radiação mais utilizados para as práticas diagnósticas e intervencionistas são as câmaras de ionização e os dosímetros termoluminescentes (Podgorsak *et al.* 2005).

Alguns materiais, após a incidência de radiação, têm a capacidade de reter parte da energia depositada. Quando esta energia é posteriormente liberada na forma de luz ultravioleta, visível ou de infravermelhos, o fenômeno é chamado de luminescência. O processo de luminescência pode ser acelerado através de uma fonte de excitação. Se o agente excitador é o calor, o fenômeno é conhecido como termoluminescência (Wagner *et al.* 1994, Podgorsak *et al.* 2005, Knoll 2010).

A radiação ionizante ao incidir no dosímetro TLD produz muitos pares elétrons-buracos. O dosímetro possui armadilhas em sua estrutura a fim de capturar uma quantidade significativa de elétrons e buracos. Para se quantificar a exposição de radiação, o elétron capturado recebe uma energia de excitação para escapar da banda de condução e migrar para o buraco capturado. Ocorre sua recombinação e juntamente com a emissão de um fóton. O número total de fótons produzidos indica o número de pares elétrons-buracos produzidos, que por sua vez é proporcional à radiação incidente no dosímetro (Podgorsak *et al.* 2005, Knoll 2010).

A proteção radiológica, segundo a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), é o conjunto de medidas que visa proteger o homem, seus descendentes e seu meio ambiente contra possíveis efeitos indevidos causados por radiação ionizante (CNEN 2011). As medidas se dividem em três princípios básicos: justificação, otimização e limitação de doses individuais.

O princípio da justificação defende que nenhuma prática que envolva radiação ionizante deve ser autorizada a menos que produza suficiente benefício para o indivíduo exposto ou para a sociedade. A exposição de caráter médico deve ser útil para produzir um

benefício real para a saúde do indivíduo e/ou para a sociedade. A eficácia, os benefícios e os riscos de outras técnicas diagnósticas e terapêuticas que envolvam menos ou nenhuma exposição à radiação ionizante devem ser levados em consideração (CNEN 2011).

O princípio da otimização sugere que as exposições devem ser feitas com o menor nível de radiação possível, sem que isso implique em perda na qualidade do objetivo da exposição, otimizando a proteção radiológica. Tais atividades devem ser planejadas, analisando-se em detalhes o que se pretende atingir e de que maneira os profissionais deverão atuar (CNEN 2011).

O princípio da limitação de doses individuais explicita que as doses de radiação, decorrentes de todas as práticas que o indivíduo possa estar exposto, não devem exceder os limites estabelecidos pelas normas de radioproteção. Esse princípio só se aplica à IOE e ao público em geral, não restringindo doses de radiação para o paciente sob tratamento (CNEN 2011).

**Tabela 1:** Limites de dose para IOE.

Grandeza	Região	Limite de dose anual
<i>Dose efetiva</i>	Corpo inteiro <sup>[a]</sup>	20 mSv/a
<i>Dose equivalente</i>	Cristalino <sup>[a]</sup>	20 mSv/a
	Pele	500 mSv/a
	Mãos e pés	500 mSv/a

[a] Média aritmética em 5 anos consecutivos, desde que não exceda 50 mSv em qualquer ano.

## 2. Objetivos

O objetivo deste estudo foi investigar as doses de radiação recebidas por diferentes partes do corpo dos médicos intervencionistas durante procedimentos de radiologia intervencionista vascular. Com base nesses valores de dose, identificar regiões de maior comprometimento e estimar números máximos de procedimentos anuais.

### **3. Metodologia**

O trabalho foi avaliado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) e foi aprovado de acordo com o número CAAE: 16932513.5.0000.5411.

#### **3.1. Seleção das modalidades de procedimentos avaliados**

Para a seleção dos procedimentos acompanhados neste trabalho foram utilizados dois critérios: tempo total de exposição à radiação (tempo de fluoroscopia) e a frequência com que os procedimentos são realizados no Setor de Hemodinâmica.

Com base nos critérios citados, dentre toda a diversidade de procedimentos realizados no setor de hemodinâmica do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HC-FMB), pôde-se selecionar três categorias de exames: angiografias, angioplastias, com ou sem fixação de *stents* e angioplastias com fixação de endopróteses (no caso de acidentes vasculares do tipo aneurismas). Os grupos foram denominados: diagnóstico, angioplastia e endoprótese, respectivamente.

#### **3.2. Dosimetria dos profissionais**

Para a dosimetria dos profissionais, foram utilizados dosímetros termoluminescentes (TLD) de LiF:Mg,Ti. Os dosímetros TLD são do tipo TLD100 (LiF: Mg, Ti da Harshaw®) e foram calibrados pelo Centro de Instrumentação Dosimetria e Radioproteção do Departamento de Física da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto (CIDRA) – USP. Os dosímetros foram calibrados na grandeza operacional equivalente de dose pessoal na superfície Hp (0,07). Para cada região monitorada, foram fixados um conjunto de três pastilhas para que, através de uma média entre os valores obtidos após a leitura, tenha-se uma maior precisão no valor de dose medida em cada região monitorada. Este tipo de dosímetro possui uma boa resposta para a medição da dose entre a faixa de 10  $\mu\text{Gy}$  até 1000  $\mu\text{Gy}$  (Horowitz *et al.* 1986).

Os dosímetros também foram lidos no CIDRA com um leitor HARSHAW TLD Modelo 2000® utilizando temperatura máxima de leitura de 240°C, com um pré tratamento térmico de 10 minutos a 100°C. Como tratamento pós-leitura, para eliminar qualquer traço de resposta da irradiação anterior, as pastilhas foram aquecidas por 1 hora a 400°C e posteriormente por 2 horas a 100°C.

Em cada um dos procedimentos avaliados, foram colocados dosímetros no médico intervencionista principal e em um assistente que permaneceu na sala durante todo o procedimento. Para a fixação dos dosímetros em ambos os profissionais, os locais selecionados foram: alguns centímetros abaixo dos cristalinos (sobre a parte superior da máscara cirúrgica), tireoide, tórax, gônadas, mão (parte inferior do pulso) e pé. Os dosímetros foram fixados sobre a superfície destas estruturas inclusive acima das vestimentas de proteção radiológica como o avental de chumbo e o protetor de tireoide. O monitoramento das extremidades se deu em apenas uma mão e apenas um dos pés, escolhidos de acordo com a proximidade ao local de irradiação, ou seja, apenas a mão e o pé mais críticos (próximos à fonte espalhadora) foram monitorados.

Durante todo o processo de dosimetria, a logística do transporte dos dosímetros foi realizada de modo que para cada grupo de dosímetros de medida levados ao setor (6 conjuntos com 3 pastilhas TLD cada) foi utilizado um grupo controle (1 conjunto com 3 pastilhas TLD) mantido durante todo o tempo de transporte junto aos dosímetros de medida. Ao final da leitura dos dosímetros, foi subtraído, dos dosímetros de medida, o valor de leitura dos dosímetros de controle, assim descontaram-se as exposições por fontes naturais inclusive as proporcionadas pelo transporte, como background.

As técnicas de dosimetria empregadas durante este estudo não prejudicaram o desempenho do médico intervencionista, nem tão pouco exerceram qualquer influência nos resultados dos procedimentos para os pacientes.

### **3.3. Determinação de um número máximo de procedimentos anuais**

Os limites de doses anuais são determinados pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) na sua normativa NN 3.01. Os valores de dose que devem ser utilizados

como referência anual para as extremidades são 500 mSv, corpo inteiro e cristalinos o valor médio por ano, em 5 anos, deve ser 20 mSv, desde que não exceda 50 mSv em qualquer ano (CNEN 2011). Como medida conservadora e visando aplicações em longo prazo, adotamos o valor de limite de dose para cristalino e corpo inteiro como 20 mSv por ano.

Os valores de atenuação para as vestimentas de proteção plumbíferas foram baseados em guias internacionais (Miller *et al.* 2010a). Foram escolhidos como 90% a atenuação dos coletes de chumbo e 60% a atenuação dos óculos protetores. No cálculo de determinação dos números máximos de procedimentos anuais, para cada modalidade de procedimento avaliada, os níveis de referência anual de cada região do corpo foram divididos pelos valores médios de dose encontrados nas dosimetrias destas regiões. Como em algumas regiões os valores de dose foram obtidos sobre as proteções plumbíferas, estes foram corrigidos pelas porcentagens de atenuação de cada proteção (Miller *et al.* 2010a).

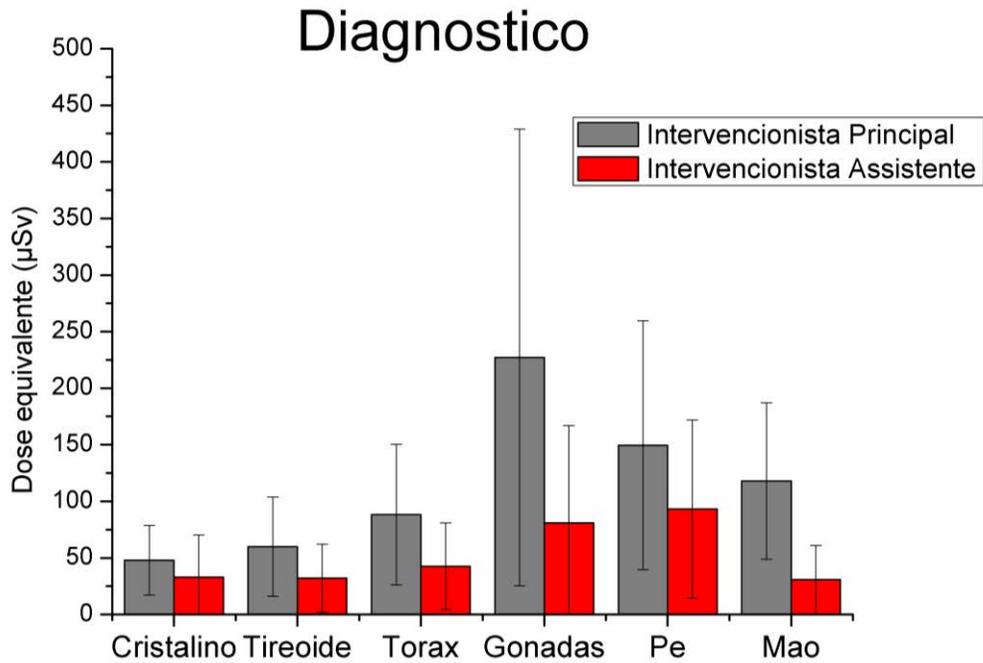
Esse procedimento gerou números máximos de procedimentos para cada região do corpo dos profissionais. Como o objetivo é que nenhuma região do corpo do IOE ultrapasse os níveis de referências vigentes, foi utilizado o menor número obtido a partir deste cálculo. Assim, foi encontrado o número máximo de procedimentos que cada IOE pode realizar para que nenhum valor de referência anual seja ultrapassado.

## **4. Resultados e Discussões**

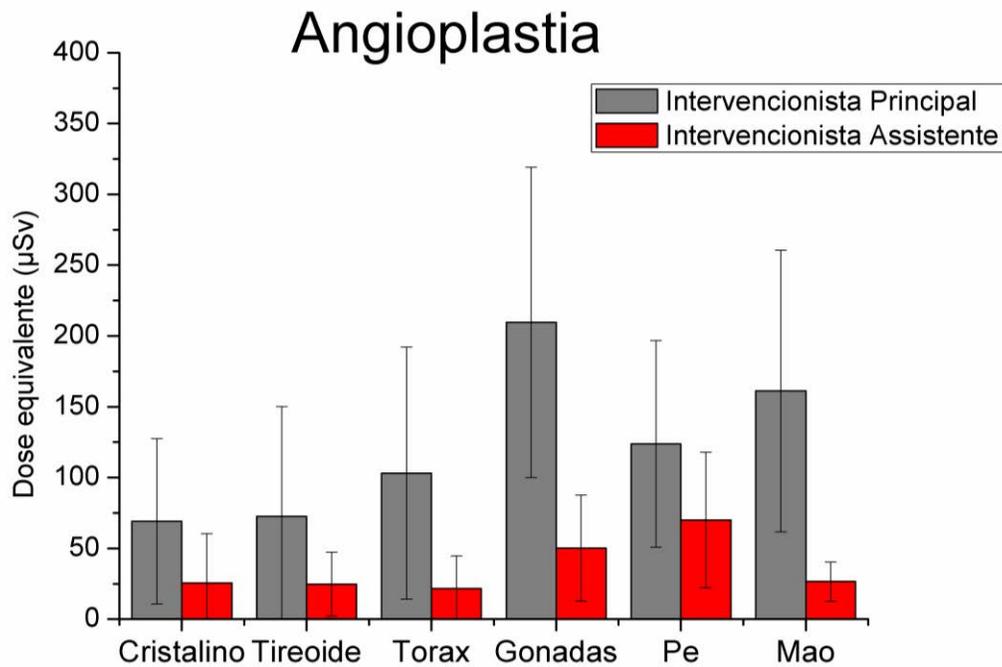
Ao todo foram avaliados 23 procedimentos, sendo 10 diagnósticos, 9 angioplastias e 4 endopróteses. Os valores médios de dose tanto para os médicos principais quanto para os assistentes, encontrados nos procedimentos do tipo diagnóstico, são exibidos na figura 1.

Os valores de dose encontrados em procedimentos do tipo angioplastia, tanto para médicos principais como assistentes, são apresentados na figura 2.

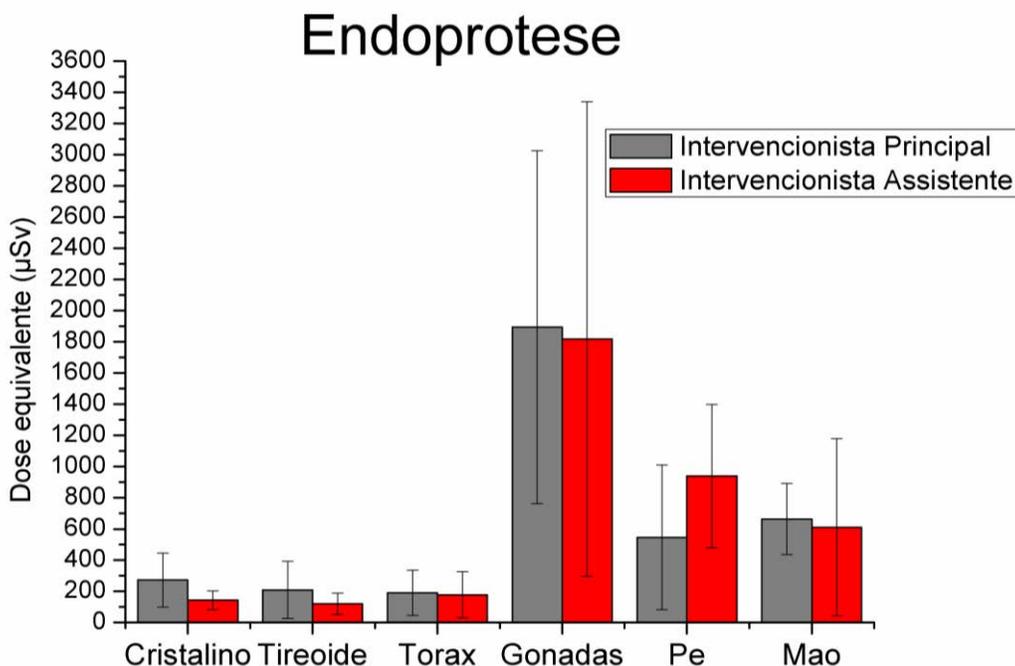
Os valores de dose encontrados em procedimentos do tipo endoprótese, tanto para médicos principais como assistentes, para cada região de interesse são apresentados na figura 3.



**Figura 1.** Média e desvio padrão das doses por região em médicos principais e assistentes durante procedimentos do tipo diagnóstico.



**Figura 2.** Média e desvio padrão das doses por região em médicos principais e assistentes durante procedimentos do tipo angioplastia.



**Figura 3.** Média e desvio padrão das doses por região em médicos principais e assistentes durante procedimentos do tipo Endoprótese.

Os tempos médios de fluoroscopia para cada modalidade de procedimento foram determinados, com seus respectivos desvios-padrão. Para os procedimentos do tipo diagnóstico o tempo médio de fluoroscopia foi 8,6 minutos com desvio padrão de 5,2 minutos. Nos procedimentos do tipo angioplastia, o tempo médio de fluoroscopia foi de 20,5 minutos com desvio padrão de 13,7. Já para os procedimentos do tipo endoprótese o tempo médio de fluoroscopia foi de 49,9 minutos com desvio padrão de 19,1 minutos.

Todos os procedimentos avaliados foram realizados no mesmo equipamento (*GE Advantx LCV Plus, GE Healthcare, Germany*) e com as mesmas configurações de proteções plumbíferas.

Os números máximos de procedimentos para a modalidade diagnóstica foi de 1041 procedimentos para o intervencionista principal e 1510 procedimentos para o intervencionista assistente.

Para os procedimentos do tipo angioplastia, os números máximos de procedimentos para o intervencionista principal foi de 723 e para o intervencionista assistente 1953.

Já para os procedimentos do tipo endoprótese, os números máximos de procedimentos foram 183 para o intervencionista principal e 348 para o intervencionista assistente.

Todos os números máximos de procedimentos anuais foram limitados pelas exposições nos cristalinos já considerando o uso de óculos protetores.

**Tabela 2. Número de procedimentos anuais para os médicos principais.**

	Diagnóstico	Angioplastia	Endoprótese
Região limitante	Cristalinos	Cristalinos	Cristalinos
Limites de dose anual	20 mSv	20 mSv	20 mSv
Dose média por procedimento na região limitante <sup>a</sup>	0,019 mSv	0,028 mSv	0,109 mSv
Número de procedimentos anuais	1041	723	183

- a. Os valores de dose média por região apresentados já são corrigidos pela atenuação das respectivas proteções radiológicas.

**Tabela 3. Número de procedimentos anuais para os médicos assistentes.**

	Diagnóstico	Angioplastia	Endoprótese
Região limitante	Cristalinos	Cristalinos	Cristalinos
Limites de dose anual	20 mSv	20 mSv	20 mSv
Dose média por procedimento na região limitante <sup>a</sup>	0,022 mSv	0,017 mSv	0,093 mSv
Número de procedimentos anuais	1510	1953	348

- a. Os valores de dose média por região apresentados já são corrigidos pela atenuação das respectivas proteções radiológicas.

No presente trabalho foram avaliados os perfis de exposição à radiação, aos quais a equipe médica é submetida, em diferentes procedimentos de RI. Com base nesses perfis de exposição e em valores de referência vigentes, também foram encontrados números máximos de procedimentos anuais que o profissional pode realizar sem ultrapassar os limites de dose anuais. No entanto, estes números máximos devem ser utilizados apenas como referência e não como fator limitante para a atuação do profissional.

A grande variabilidade nos valores de dose medidos é evidenciada por seus valores de desvio padrão. Essa característica das medições decorre da particularidade e dinamismo de cada procedimento avaliado.

No que diz respeito ao posicionamento dos dosímetros, os dosímetros da região dos cristalinos foram fixados na parte superior das máscaras cirúrgicas, alguns centímetros abaixo da real altura dos cristalinos. Os dosímetros de monitoramento das mãos foram fixados na região inferior do pulso, para não atrapalhar o desempenho do profissional.

As mãos dos intervencionistas principais foram, em média, mais expostas do que as mãos dos assistentes, devido, principalmente, à maior necessidade de manipulação dos instrumentos durante o procedimento, fazendo com que suas mãos fiquem mais próximas ao feixe de raios X.

Em todas as categorias de procedimentos avaliadas é evidente a grande exposição na região das gônadas e nas regiões mais baixas dos profissionais, tanto para os intervencionistas principais quanto para os assistentes. O principal contribuinte para essas grandes exposições é a radiação espalhada pelo paciente. Essa distribuição de dose é justificada pelo posicionamento do tubo de raios X (abaixo da mesa) que proporcionam maior retroespalhamento.

Como os médicos assistentes ficam relativamente mais afastados nos procedimentos do tipo diagnóstico e angioplastia, o perfil de exposição dos mesmos obedece à distribuição padrão de espalhamento (maior dose nas regiões mais baixas), já no caso dos intervencionistas principais, por estarem mais próximos ao paciente, a maior exposição é na região das gônadas.

Nos procedimentos do tipo endoprótese, o posicionamento dos intervencionistas é diferente dos outros procedimentos avaliados. Durante esses procedimentos o intervencionista principal se posiciona de um lado da mesa e o assistente do outro, ambos

muito próximos do paciente, proporcionando doses mais elevadas na região das gônadas de ambos.

Foram adotados os valores da região do tórax dos profissionais para a comparação entre procedimentos, já que os dosímetros pessoais são utilizados nessa região. O procedimento que proporciona, em média, menor dose para os profissionais são os da categoria diagnóstica. As maiores doses para os profissionais são proporcionadas pelos procedimentos do tipo endoprótese.

Os maiores valores de dose em relação aos níveis de referência são para a região dos cristalinos (considerando as atenuações das proteções plumbíferas). Portanto, todos os números máximos procedimentos anuais foram limitados pelas exposições nos cristalinos.

As proteções adicionais como as barreiras móveis, que podem ser posicionadas entre o intervencionista e o paciente, diminuiriam as exposições na altura dos cristalinos, proporcionando um maior número de procedimentos anuais para os profissionais.

Como as exposições são maiores nas regiões mais baixas, a altura do profissional pode proporcionar níveis diferentes de risco em relação ao mesmo número de procedimentos. Pois suas regiões mais radiosensíveis estarão por maior tempo em locais de maior exposição à radiação.

O revezamento dos profissionais para a realização de cada modalidade de procedimento pode diminuir os valores de dose recebidos por eles durante um período de tempo.

## **5. Conclusão**

Em todas as modalidades de procedimentos, as regiões do profissional que recebem as doses mais próximas aos limites de dose são os cristalinos, no entanto, as doses na região das gônadas e nas extremidades também merecem atenção.

Como cada região do corpo do intervencionista está sujeita a níveis diferentes de exposição, é evidente que estudos detalhados das exposições em cada região proporcionam melhores conclusões sobre quais ações são necessárias para garantir a proteção radiológica

dos profissionais. Essas informações auxiliam na otimização da relação risco/benefício, ou seja, controlar as exposições, aproveitando-as ao máximo.

Estudos em outras modalidades de procedimentos podem trazer uma melhor conclusão sobre os níveis de exposição no intervencionista de maneira mais completa.

## Referências Bibliográficas

Attix FH. Introduction to radiological physics and radiation dosimetry. New York: Wiley; 1986.

Chida K, Kaga Y, Haga Y, Kataoka N, Kumasaka E, Meguro T, et al. Occupational dose in interventional radiology procedures. *AJR Am J Roentgenol*. 2013 Jan;200(1):138-41.

Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica, (2011).

Hausler U, Czarwinski R, Brix G. Radiation exposure of medical staff from interventional x-ray procedures: a multicentre study. *Eur Radiol*. 2009 Aug;19(8):2000-8.

Horowitz YS, Moscovitch M. Lif-Tld in the Microgray Dose Range Via Computerized Glow Curve Deconvolution and Background Smoothing. *Radiation Protection Dosimetry*. 1986;17(1-4):337-42.

ICRP. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. *Ann ICRP*. 2007;37(2-4):1-332.

Jacob S, Donadille L, Maccia C, Bar O, Boveda S, Laurier D, et al. Eye lens radiation exposure to interventional cardiologists: a retrospective assessment of cumulative doses. *Radiat Prot Dosimetry*. 2013 Mar;153(3):282-93.

Kim KP, Miller DL, Berrington de Gonzalez A, Balter S, Kleinerman RA, Ostroumova E, et al. Occupational radiation doses to operators performing fluoroscopically-guided procedures. *Health Phys*. 2012 Jul;103(1):80-99.

Knoll GF. Radiation detection and measurement. 4th ed. Hoboken, N.J.: John Wiley; 2010.

Miller D, Vañó E, Bartal G, Balter S, Dixon R, Padovani R, et al. Occupational Radiation Protection in Interventional Radiology: A Joint Guideline of the Cardiovascular and Interventional Radiology Society of Europe and the Society of Interventional Radiology. *CardioVascular and Interventional Radiology*. 2010a 2010/04/01;33(2):230-9.

Miller DL, Balter S, Schueler BA, Wagner LK, Strauss KJ, Vano E. Clinical radiation management for fluoroscopically guided interventional procedures. *Radiology*. 2010b Nov;257(2):321-32.

Podgorsak EB, International Atomic Energy Agency. Radiation oncology physics : a handbook for teachers and students. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2005.

Schonfeld SJ, Lee C, Berrington de Gonzalez A. Medical exposure to radiation and thyroid cancer. *Clin Oncol (R Coll Radiol)*. 2011 May;23(4):244-50.

Soares FAP, Pereira AG, Flôr RC. Utilização de vestimentas de proteção radiológica para redução de dose absorvida: uma revisão integrativa da literatura. *Radiologia Brasileira*. 2011;97–103.

United Nations. Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Effects of ionizing radiation : UNSCEAR 2006 report to the General Assembly, with scientific annexes. New York: United Nations; 2008.

Vano E, Kleiman NJ, Duran A, Rehani MM, Echeverri D, Cabrera M. Radiation cataract risk in interventional cardiology personnel. *Radiat Res*. 2010 Oct;174(4):490-5.

Wagner LK, Eifel PJ, Geise RA. Potential biological effects following high X-ray dose interventional procedures. *J Vasc Interv Radiol*. 1994 Jan-Feb;5(1):71-84.