

MINISTÉRIO DA SAÚDE
INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER
COORDENAÇÃO DE ENSINO E DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO EM FÍSICA MÉDICA – RADIODIAGNÓSTICO

José Augusto Menezes da Silveira Filho

Mapeamento das doses ocupacionais em procedimentos intervencionistas

Rio de Janeiro
Fevereiro, 2014

José Augusto Menezes da Silveira Filho

Mapeamento das doses ocupacionais em procedimentos intervencionistas no centro cirúrgico

Trabalho apresentado no Instituto Nacional de Câncer como requisito parcial para a conclusão do curso de Aperfeiçoamento em Física Médica do Radiodiagnóstico

Orientador: Thalys Leon de Ávila Saint'Yves

Coorientador: Fernando Mecca Augusto

Rio de Janeiro

Fevereiro, 2014

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por tornar possível a concretização de mais essa etapa. À minha família por todo o apoio incondicional. À Natália, que me acompanhou durante todo esse curso e continuará me acompanhando. À família Capasso, que me acolheu como filho. Aos profissionais que compõem o Instituto Nacional de Câncer do Rio de Janeiro que fizeram parte da minha história durante esses dois anos, com muitos ensinamentos, paciência, profissionalismo, ética e amizade. Em especial aos staffs Mecca, Thalís, Jorge Wagner, Janaína, Rafael, Antônio Paulo, Márcia, Eduardo, Marcella, Malu, Priscilla, Delano, Lúcia, Leonardo Peres, Thiago, Cláudia, Afrânio. E aos residentes, companheiros de aprendizado dentro e fora do hospital: Léo, Lana, Charlene, Paulo, Laís, Cássia, Maíra, Rafael, Danillo, Larissa, Jean, Leonel, Lécio e Emilly.

RESUMO

A radiologia intervencionista é uma área da radiologia muito importante dentro de um hospital, pois permite realizar procedimentos complexos com uma técnica pouco invasiva, segura e eficaz. Entretanto é uma das modalidades que proporciona as maiores doses ocupacionais dentro de um serviço de radiologia uma vez que esses procedimentos dispendem de um tempo de exposição relativamente alto e devido à proximidade dos profissionais ao tubo.

Em vista disso, um acompanhamento mais detalhado dos procedimentos e doses ocupacionais se faz necessário. Para tal, simulou-se um procedimento e foram realizadas medidas da taxa de exposição em diversos pontos de uma sala do centro cirúrgico do Instituto Nacional de Câncer. Os equipamentos utilizados foram um arco em C Philips BV Pulsera e um sistema de detecção com câmara de ionização de 1800 cm³ de alta sensibilidade.

Com isso estimou-se as doses recebidas pelos profissionais que atuam no serviço em cada procedimento, relacionando-as com os limites de restrição referentes a áreas livres e controladas. Tomando como base esses dados é possível realizar um programa de otimização e treinamento que vai desde como se portar e onde permanecer dentro da sala durante um procedimento até a escala de trabalho dos trabalhadores.

Palavras-chaves: radiologia intervencionista, dose ocupacional, proteção radiológica, arco cirúrgico, hemodinâmica.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Limites de dose anuais para IOE e público.....	26
Tabela 2-	Taxa de exposição (mR/h) em várias direções e distâncias ao tubo. Câmara de Ionização a 1,60m – altura do cristalino.....	31
Tabela 3-	Taxa de exposição (mR/h) em várias direções e distâncias ao tubo. Câmara de Ionização a 1,40m – altura da tireoide.....	31
Tabela 4-	Taxa de exposição (mR/h) em várias direções e distâncias ao tubo. Câmara de Ionização a 1,20m – altura do tórax.....	32
Tabela 5-	Taxa de exposição (mR/h) em várias direções e distâncias ao tubo. Câmara de Ionização a 1,00m – altura das gônadas.....	32
Tabela 6-	Taxa de exposição (mR/h) em várias direções e distâncias ao tubo. Câmara de Ionização a 0,50m – altura das extremidades.....	32
Tabela 7-	Taxa de dose efetiva (mSv/h) em várias direções, para diferentes distâncias ao tubo. Sem uso de EPI.....	33
Tabela 8-	Taxa de dose efetiva (mSv/h) em várias direções, para diferentes distâncias ao tubo. Considerando o uso de EPI.....	33
Tabela 9-	Estimativa de dose efetiva para a direção de 90° para diferentes distâncias ao tubo e fatores de ocupação. Considerando a carga horária de 40 h/sem e uso de EPI.....	37
Tabela 10-	Estimativa de dose efetiva para a direção de 90° para diferentes distâncias ao tubo e fatores de ocupação. Considerando a carga horária de 24 h/sem e o uso de EPI.....	38
Tabela 11-	Estimativa de risco para câncer e efeitos hereditários radioinduzidos.....	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-	Cadeia de imagem fluoroscópica.....	12
Figura 2-	Tubo de Raios X.....	14
Figura 3-	Estrutura interna de um intensificador de imagem.....	17
Figura 4-	Componentes da tela de entrada e da tela de saída.....	17
Figura 5-	Sistema de acoplamento óptico.....	19
Figura 6-	Arco cirúrgico utilizado nesse trabalho.....	19
Figura 7-	Sistema detector de radiação. Eletrômetro e câmara de ionização.....	29
Figura 8-	Fantoma semelhante ao utilizado no estudo.....	29
Figura 9-	Geometria das medidas realizadas na sala.....	30
Figura 10-	Perfil da radiação espalhada sem o uso de EPI.	34
Figura 11-	Perfil da radiação espalhada com o uso de EPI.....	34
Figura 12-	Perfil da taxa de dose equivalente (mSv/h) na direção de 45°.Considerando o uso de EPI.....	35
Figura 13-	Perfil da taxa de dose equivalente (mSv/h) na direção de 90°.Considerando o uso de EPI.....	36
Figura 14-	Perfil da taxa de dose equivalente (mSv/h) na direção de 135°. Considerando o uso de EPI.....	36
Figura 15-	Incidência de câncer letal radioinduzido numa população de 10000 IOE com carga horária de 24h/sem. Considerando vários anos de trabalho, com o uso de EPI.....	40
Figura 16-	Incidência de câncer letal radioinduzido numa população de 10000 IOE com carga horária de 40h/sem. Considerando vários anos de trabalho, com o uso de EPI.....	41
Figura 17-	Relação entre os riscos gerados pelo consumo de cigarros e um minuto de exposição à radiação ionizante. Considerando o uso de EPI.....	41

LISTA DE SIGLAS

RI	Radiologia Intervencionista
IOE	Indivíduo Ocupacionalmente Exposto
kVp	Kilovoltagem de pico (tensão do tubo)
mA	miliAmpére (corrente do tubo)
ABC	Automatic Brightness Control (Controle automatico de brilho)
ms	milissegundo (1×10^{-3} segundos)
II	Intensificador de imagem
FOV	Field of view (campo de visão)
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
Sv	Sievert. Unidade de dose equivalente e dose efetiva. (J/kg)
EPI	Equipamentos de Proteção Individual
ICRP	International Council on Radiation Protection (Comissão Internacional de Proteção Radiológica)
IAEA	International Atomic Energy Agency (Agência Internacional de Energia Atômica)

SUMÁRIO

1-	Introdução.....	10
2-	Radiologia Intervencionista.....	11
3-	Cadeia de imagem fluoroscópica.....	12
3.1-	Gerador de raios X.....	13
3.2-	Tubo de raios X.....	14
3.3-	Filtros e colimadores.....	15
3.4-	Mesa e grade.....	16
3.5-	Intensificador de imagem.....	17
3.6-	Acoplamento óptico e sistema de vídeo.....	19
4-	Efeitos biológicos das radiações ionizantes.....	21
5-	Sistema de proteção radiológica.....	22
6-	Princípios básicos de proteção radiológica.....	23
6.1-	Justificação.....	24
6.2-	Otimização.....	25
6.3-	Limitação de dose.....	26
6.4-	Prevenção de acidentes.....	28
7-	Materiais e métodos.....	29

8-	Resultados e discussão.....	31
8.1-	Perfil da radiação espalhada.....	31
8.2-	Classificação de áreas.....	37
8.3-	Análise de riscos.....	40
9-	Conclusão.....	43
10-	Referências bibliográficas.....	44
	Anexo A – Grandezas e Unidades.....	46
	Anexo B – 10 Recomendações para a proteção do staff em fluoroscopia.....	48

1. INTRODUÇÃO

Desde a descoberta dos raios X, utiliza-se a radiação na medicina para fins diagnósticos. Dentre essas práticas está a fluoroscopia, cuja principal característica é a visualização de imagens em tempo real, permitindo acompanhar processos dinâmicos.

Os primeiros aparelhos fluoroscópicos eram compostos de um tubo de raios X e uma tela fluorescente e as análises eram realizadas em ambientes pouco iluminados. Ao longo do tempo, foram desenvolvidos vários equipamentos e técnicas, criando um ramo diferente na radiologia chamado de intervencionismo.

2. RADIOLOGIA INTERVENCIONISTA

Radiologia Intervencionista (RI) pode ser definida como todos os procedimentos que compreendem intervenções diagnósticas e terapêuticas guiadas por acesso percutâneo ou outros, normalmente realizadas sob anestesia local e/ou sedação, usando imagem fluoroscópica para localizar a lesão ou local de tratamento, monitorar o procedimento e controlar e documentar a terapia. (ICRP 85, 2000).

Dentre suas vantagens, está a possibilidade de realizar procedimentos complexos, utilizando cortes cirúrgicos pequenos, minimizando riscos e custos hospitalares. (LUZ, 2004) Entretanto, é a técnica que proporciona as maiores doses de radiação aos pacientes e profissionais envolvidos. (PERES, 2008) Em vista disso, é de fundamental importância que esses tipos de procedimentos façam parte de um sistema de proteção radiológica rigoroso, que deve levar em conta as especificidades dos equipamentos, instituições e indivíduos ocupacionalmente expostos (IOEs).

3. CADEIA DE IMAGEM FLUOROSCÓPICA

Os componentes de um sistema de imagem fluoroscópica moderno é mostrado na figura 1. Alguns componentes como o gerador e tubo de raios X, os colimadores e filtros são semelhantes aos utilizados nos equipamentos de radiografia convencional. Outros são específicos dos equipamentos de fluoroscopia, sendo que o principal é o intensificador de imagem (II). (SCHUELER, 2000)

Devido ao grande número de imagens geradas, o sistema deve produzir uma imagem razoável com a menor quantidade de raios X possível, por isso necessita de um sistema detector de alta sensibilidade e que permita o aumento do sinal.

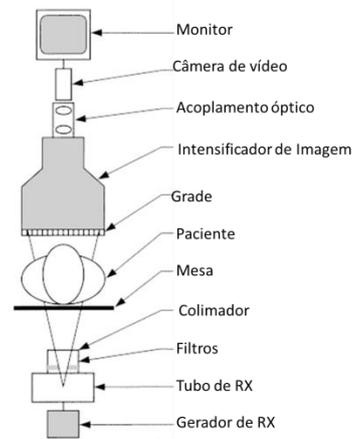


Figura 1: Cadeia de imagem fluoroscópica.

3.1 GERADOR DE RAIOS X

Permite a seleção da tensão (kVp) e da corrente (mA) que serão entregues ao tubo. É similar aos geradores dos raios X convencionais com algumas especificidades. Permitem a operação do tubo com dois tipos de corrente: uma contínua de baixa intensidade e uma com pulsos de curta duração.

Na fluoroscopia contínua, o gerador fornece uma corrente contínua e as imagens são adquiridas a uma taxa de 30 frames por segundo, resultando num tempo de aquisição de 33 milissegundos (ms) por imagem. Já na fluoroscopia pulsada, a exposição é entregue na forma de pulsos rápidos, de 3 a 10 ms de comprimento. Geralmente, utiliza-se uma taxa de 30 pulsos por segundo, melhorando a resolução temporal, tornando a técnica bastante útil para aplicações cardiovasculares. (SCHUELER, 2000)

Os geradores possuem ainda um circuito que realiza o controle automático de brilho (ABC). Ele ajusta automaticamente o kVp e o mA de acordo com as diferentes espessuras do paciente, mantendo o brilho geral da imagem constante. (BUSHBERG, 2001)

3.2 TUBO DE RAIOS X

Elétrons, emitidos termoionicamente por um filamento aquecido (catodo), são acelerados por um campo elétrico intenso e colidem com um alvo metálico (anodo). Nessa colisão, eles reduzem sua energia cinética, devido às interações com os átomos do alvo, emitindo a diferença de energia sob a forma de radiação eletromagnética, os raios X, que também pode ser chamada de radiação de freamento (bremsstrahlung). (TAHUATA, 2003)

Todo esse processo ocorre dentro de um tubo de vidro evacuado submetido a uma alta tensão (kVp) gerando o campo elétrico, que irá acelerar os elétrons, polarizando o catodo negativamente e o anodo positivamente. A emissão de raios X só acontece quando a tensão estiver ligada. A Figura 2 mostra um esquema básico do tubo. Quanto maior a tensão aplicada, maior é a energia dos raios X gerados, enquanto a corrente é diretamente proporcional à intensidade do feixe.

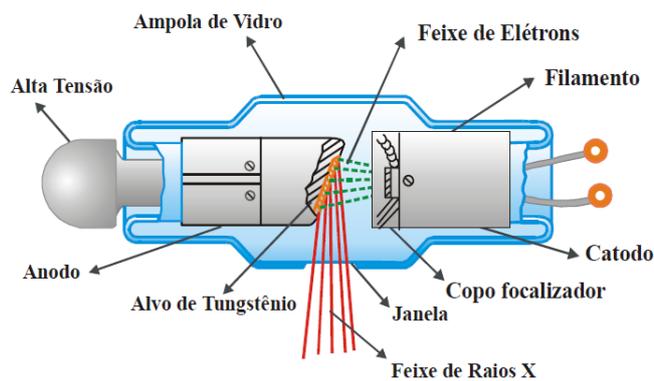


Figura 2: Tubo de Raios X

Por se tratar de um processo pouco eficiente, cerca de 99% da energia dos elétrons é dissipada na forma de calor, e devido aos altos tempos de exposição, os tubos de raios X fluoroscópicos geralmente possuem mais formas de dissipação de calor, podendo ser desde a instalação de coolers no cabeçote até um ponto focal de tamanho variável. (SCHUELER, 2000)

3.3 FILTROS E COLIMADORES

Filtros são adicionados para atenuar os fótons de baixa energia que não seriam transmitidos ao intensificador de imagem, contribuindo apenas para o aumento de dose no paciente. Os principais filtros utilizados são de alumínio e cobre, principalmente em sistemas fluoroscópicos que utilizam altas doses.

O colimador é um conjunto de lâminas radiopacas que delimitam automaticamente o feixe de radiação a uma região menor que o campo de visão (FOV), à medida que se modifique a magnificação ou à distância fonte imagem. (SCHUELER, 2000)

A colimação é bastante útil para a qualidade da imagem e para proteção radiológica, pois reduz a área irradiada resultando em menos radiação espalhada para os IOE e melhora o contraste da imagem. (BUSHBERG, 2001)

A maioria dos sistemas de angiografia possuem ainda filtros de equalização, parcialmente radiotransparentes, chamados de filtros de contorno ou de cunha (wedge). Eles melhoram a operação do controle automático de brilho (ABC).

3.4 MESA E GRADE

As mesas devem ser robustas o suficiente para suportar pacientes grandes, atenuando o feixe de radiação o mínimo possível. Geralmente são fabricadas em fibra de carbono com almofadas de apoio mais finas.

As grades anti-espalhamento aumentam o contraste da imagem, reduzindo os fótons de radiação espalhada que chegam ao receptor de imagem. Entretanto ocasionam o aumento da exposição. Em pacientes ou regiões de interesse menores, os procedimentos intervencionistas podem ser realizados sem grade. Equipamentos portáteis do tipo arco em c não possuem grade.

3.5 INTENSIFICADOR DE IMAGEM

O intensificador de imagem é o componente mais importante da cadeia de imagem num equipamento de fluoroscopia. Ele converte os raios X incidentes em luz visível, formando uma imagem, amplificando o brilho cerca de dez mil vezes, melhorando a visibilidade. (SCHUELER, 2000)

A figura 3 mostra os constituintes principais do II: um tubo evacuado; um fotocátodo, composto de janela e tela de entrada, que converte os raios X em elétrons; lentes eletrônicas que focalizam os elétrons; e o fotoânodo, que converte os elétrons em luz visível, e é formado por um fósforo e uma janela de saída.

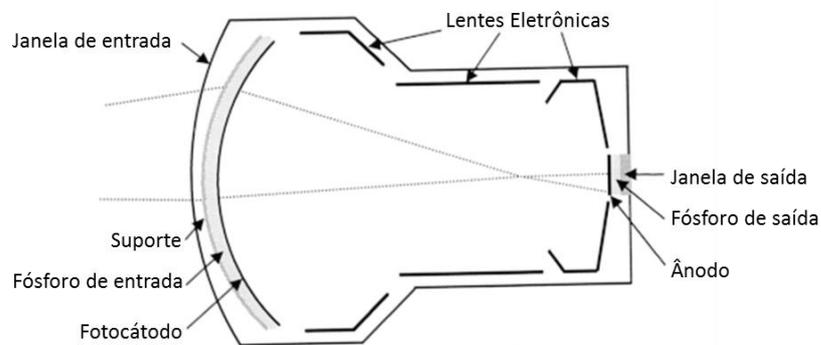


Figura 3: Estrutura interna de um intensificador de imagem.

A tela de entrada possui quatro camadas: a janela do tubo de vácuo, necessário para acelerar os elétrons; um suporte, fino o suficiente para não atenuar o feixe; o fósforo de entrada, que absorverá os raios X convertendo-os em luz visível, que deve ser espesso o suficiente para absorver os fótons, mantendo boa resolução espacial. Geralmente, usam-se materiais cintiladores, como iodeto de céσιο, em formas de agulhas (Figura 4-A); e o fotocátodo, que emitirá elétrons ao ser atingido por fótons de luz visível. (BUSHBERG, 2000)

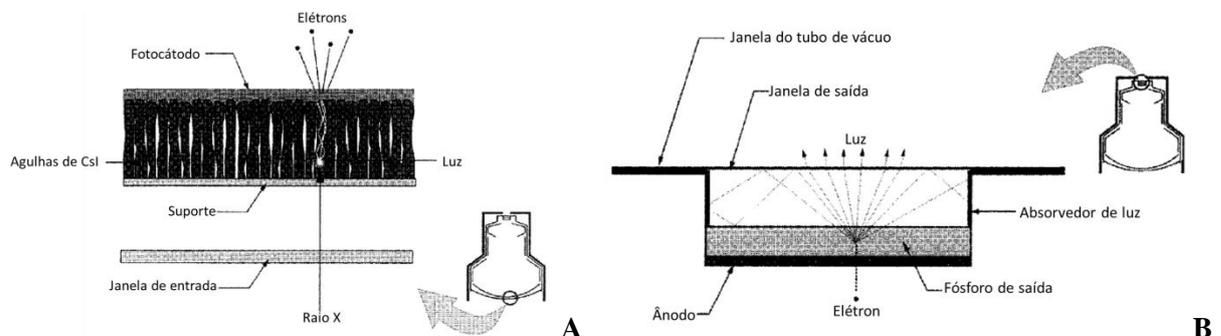


Figura 4: Componentes da tela de entrada (A) e da tela de saída (B).

Os elétrons produzidos serão acelerados no tubo através de um campo elétrico, gerando um ganho eletrônico. Entretanto, se faz necessário manter o padrão espacial no fósforo de saída, por isso a tela de entrada é curvada e utilizam-se lentes eletrônicas para focalizar os elétrons.

O fósforo de saída possui um cristal de sulfeto de zinco-cádmio dopado com prata (ZnCd S:Ag) de alta resolução espacial. Cada elétron emite aproximadamente mil fótons de luz. A janela de saída é transparente ao comprimento de onda da luz emitida pelo fósforo. Uma fração dessa luz é refletida na parede do tubo, diminuindo o contraste da imagem. Isso é reduzido utilizando um vidro preto internamente para absorver essa luz. (Figura 4-B). (BUSHBERG, 2001)

3.6 ACOPLAMENTO ÓPTICO E SISTEMA DE VÍDEO

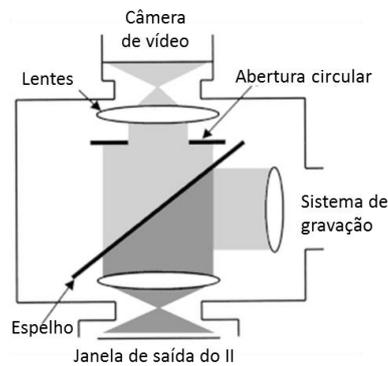


Figura 5: Sistema de acoplamento óptico.

O sistema de acoplamento óptico distribui a luz que sai do intensificador de imagem para uma câmera de vídeo. (Figura 5) Ele é composto de um espelho que direciona parte da luz para o sistema de gravação e o restante para a câmera de vídeo. Uma abertura circular ajusta o nível de luz na câmera de vídeo e afeta o nível de ruído na imagem. Quando a abertura é muito pequena, o ABC aumenta a exposição reduzindo o ruído, aumentando-a, a exposição é reduzida e a imagem fica mais ruidosa. (SCHUELER, 2000)

O sistema de televisão permite a visualização das imagens em tempo real em um ou mais monitores. Contém conversores analógico-digitais que digitalizam o sinal, permitindo a gravação e processamento dos vídeos.



Figura 6: Arco cirúrgico utilizado nesse trabalho.

Esses são os principais componentes dos equipamentos de fluoroscopia que, mesmo com as diferentes configurações e tecnologias desenvolvidas, ainda encontram-se presentes. Nesse trabalho, analisaremos a dose ocupacional fornecida por um equipamento portátil, tipo arco em c (Figura 6), utilizado em diversos procedimentos dentro de um centro cirúrgico.

4. EFEITOS BIOLÓGICOS DAS RADIAÇÕES IONIZANTES

Radiobiologia é a ciência que estuda a ação das radiações ionizantes nos organismos vivos. O primeiro experimento registrado foi realizado por Becquerel após esquecer acidentalmente uma fonte de Radio no bolso. Após duas semanas apareceu uma ulceração que levou várias semanas para sarar. (HALL, 2000). A partir de então, evidenciou-se os efeitos nocivos das radiações ionizantes nos seres vivos.

Os efeitos radioinduzidos podem receber denominações em função do valor da dose e forma de resposta assim, eles são classificados em estocásticos e determinísticos. Efeitos estocásticos são aqueles em que a probabilidade de ocorrência é proporcional à dose de radiação recebida, sem a existência de limiar. Ou seja, doses baixas podem induzir esses efeitos. Um dos exemplos é o câncer.

Os efeitos determinísticos são causados quando a radiação causa um grau de morte celular que não é compensado pelo reparo celular, gerando prejuízos detectáveis ao órgão ou tecido. Existe um limiar de dose, abaixo do qual a perda celular é insuficiente para gerar um dano detectável. Para doses acima do limiar, a severidade do efeito é proporcional à dose. Exemplos desse tipo de efeito são eritema e catarata. (TAHUATA, 2003)

5. SISTEMA DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), em sua norma CNEN-NN 3.01, e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), em sua Portaria MS 453/98, definem como proteção radiológica ou radioproteção o conjunto de medidas que visam proteger o ser humano e seus descendentes contra os possíveis efeitos indesejados causados pela radiação ionizante. Esse sistema de proteção radiológica deve englobar todos os envolvidos direta e indiretamente nas práticas, ou seja, deve levar em consideração exposições médicas (pacientes), ocupacionais (IOE) e de público (indivíduos em geral).

Um dos principais objetivos da proteção radiológica é prevenir os efeitos determinísticos e limitar a probabilidade dos efeitos estocásticos ao menor valor possível. Assim, as legislações nacionais e internacionais que implementam o programa de proteção radiológica definem alguns princípios que devem ser seguidos em todas as práticas.

6. PRINCÍPIOS BÁSICOS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

- Justificação das práticas e das exposições médicas individuais
- Otimização da proteção radiológica.
- Limitação de doses individuais.
- Prevenção de acidentes

Sendo este último apenas definido na Portaria MS453/98 da ANVISA. A seguir segue a descrição dos princípios de acordo com a legislação da CNEN e ANVISA.

6.1 JUSTIFICAÇÃO

Nenhuma prática ou fonte associada a essa prática deve ser autorizada a menos que produza benefícios, para os indivíduos expostos ou para a sociedade, suficientes para compensar o detrimento que possa ser causado.

Entende-se por detrimento o dano total esperado, devido a efeito estocástico, em um grupo de indivíduos e seus descendentes, como resultado deste grupo à radiação ionizante, é determinado pela combinação das probabilidades condicionais de indução de câncer letal, câncer não letal, danos hereditários e redução da expectativa de vida.

Com base nesse princípio, as exposições médicas devem ser justificadas ponderando-se os benefícios diagnósticos e terapêuticos que elas venham a produzir em relação ao detrimento correspondente, levando-se em conta os riscos e benefícios de técnicas alternativas disponíveis, que não envolvam exposição.

A justificação pode ser genérica, onde as práticas novas devem ser previamente justificadas antes de serem adotadas em geral e as práticas existentes devem ser continuamente revistas assegurando a sua eficácia. Há ainda a justificação da prática individual que leva em conta os objetivos específicos da exposição e do indivíduo envolvido.

6.2 OTIMIZAÇÃO

Instalações e práticas devem ser planejadas, implantadas e executadas de modo que a magnitude das doses individuais, o número de pessoas expostas e a probabilidade de exposições acidentais sejam tão baixos quanto razoavelmente exequíveis, considerando fatores sociais e econômicos. Deve ser aplicada em dois níveis, nos projetos e construções de equipamentos e instalações e nos procedimentos de trabalho.

A CNEN especifica um coeficiente monetário por unidade de dose coletiva, para análises quantitativas da otimização da blindagem, que não deve ser inferior, em moeda nacional corrente, ao valor equivalente a US\$ 10000/pessoa.sievert.

Para garantir a otimização das exposições médicas, ocupacionais e de público, alguns fatores devem ser considerados: a escolha dos equipamentos e acessórios adequados, a garantia de qualidade, níveis de referência para pacientes e restrição de dose para IOE e o conforto do paciente.

6.3 LIMITAÇÃO DE DOSE INDIVIDUAL

A exposição normal dos indivíduos deve ser restringida de modo que nem a dose efetiva nem as doses equivalentes nos órgãos ou tecidos de interesse, causadas pela possível combinação de exposições originadas por práticas autorizadas, excedam os valores estabelecidos na tabela 1.

TABELA 01: Limites de dose anuais para IOE e público. (CNEN-NN 3.01/2011)

Limites de Dose Anuais ¹			
Grandeza	Órgão	IOE	Público
Dose efetiva	Corpo inteiro	20 mSv ²	1 mSv ³
	Cristalino	20 mSv ²	15mSv
Dose equivalente	Pele	500 mSv	50 mSv
	Mãos e pés	500 mSv	-

¹O termo dose anual deve ser considerado como dose no ano calendário, no período de janeiro a dezembro de cada ano.

²Média aritmética em 5 anos consecutivos, desde que não exceda 50mSv em qualquer ano.

³Em circunstâncias especiais, pode ser autorizado um valor de dose efetiva de até 5 mSv em um ano, desde que a dose efetiva média em 5 anos consecutivos não exceda a 1 mSv por ano.

A CNEN, através da Resolução 114 de 2011 alterou o limite anual de dose equivalente para o cristalino de 150mSv para 20mSv, segundo as recomendações da Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP).

A norma salienta ainda que esses valores não se aplicam às exposições médicas e não devem ser considerados como uma fronteira entre “seguro” e “perigoso”. Além de não poderem ser utilizados como objetivo nos projetos de cálculo de blindagem ou avaliação de conformidade em levantamentos radiométricos.

Alguns casos especiais:

- Mulheres grávidas ocupacionalmente expostas devem ter suas tarefas monitoradas de forma que seja improvável que, a partir da notificação da gravidez, o feto receba dose superior a 1mSv durante o resto da gestação.

- Menores de 18 anos não podem estar sujeitos a exposições ocupacionais.

- Acompanhantes e voluntários que assistam pacientes deve ter suas doses restritas de forma que seja improvável receberem mais de 5 mSv durante o período do exame ou tratamento.

- Crianças em visita a pacientes em que foram administrados materiais radioativos não podem receber dose maior que 1mSv.

6.4 PREVENÇÃO DE ACIDENTES

No projeto e operação de equipamentos e de instalações, deve-se minimizar a probabilidade de ocorrência de acidentes (exposições potenciais). Meios e ações necessárias para minimizar a contribuição de erros humanos que levem à ocorrência de exposições acidentais devem ser desenvolvidos e implementados.

Baseados nesses princípios e trabalhando com três fatores básicos para redução de dose: tempo, distancia e blindagem; é possível analisar diferentes procedimentos e sugerir métodos de redução de dose.

7. MATERIAIS E MÉTODOS

Equipamento emissor de radiação:

- Arco em C Philips modelo: BV Pulsera, número de série 001926 (Figura 6)

Equipamento detector de radiação: (Figura 07)

- Câmara de Ionização, de 1800 centímetros cúbicos, Radcal 20X6-1800;
- Eletrômetro Radcal 2026C.



Figura 07: Sistema detector de radiação. A- Eletrômetro; B-Câmara de ionização 1800cc.

Equipamento Simulador:

- Fantoma antropomórfico Alderson RANDO (Figura 08)

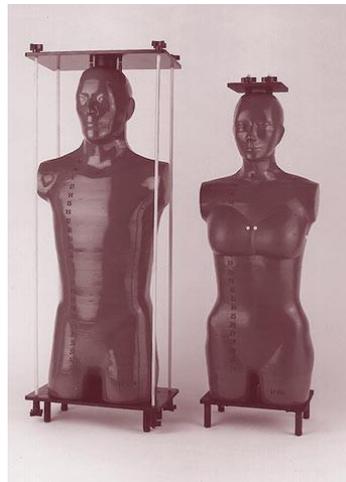


Figura 08: Fantoma semelhante ao utilizado no estudo.

Outros equipamentos:

- Tripé;
- Trena.

As medidas foram realizadas ao final do mês de Novembro de 2013, dentro do bloco cirúrgico do Hospital do Câncer I do INCA e a metodologia realizada foi basicamente simular um procedimento intervencionista.

Durante a escolha dos parâmetros técnicos buscou-se atingir sempre a maior dose possível no paciente e com isso a maior quantidade de radiação espalhada para o IOE. Assim,

posicionou-se o fantoma sobre a mesa do centro cirúrgico e o FOV do equipamento na região da pelve, que era o local de maior atenuação do fantoma, a fim de obtermos a maior técnica com o controle automático de brilho habilitado.

A projeção utilizada foi a pósterio-anterior, com tubo sob a mesa, e o equipamento foi operado em modo contínuo e controle automático de brilho, gerando uma técnica de 82 kVp e 6,76 mA e taxa de dose na entrada na pele do paciente de $412\mu\text{Gy/s}$.

A escolha dos pontos e geometria das medidas está exemplificada na figura 09. A câmara de ionização configurada para medir taxa de exposição, foi posicionada com o tripé a diferentes distâncias do fantoma (0,5m; 1,0m; 1,5m; 2,0m e 2,5m) e em oito direções, a fim de analisar o perfil da radiação secundária.

Variou-se ainda a altura da câmara de ionização, buscando simular a dose equivalente das regiões de maior sensibilidade à radiação. As alturas e os respectivos órgãos simulados foram: 1,60m (cristalino); 1,40 (tireoide); 1,20m (tórax); 1,00m (gônadas); 0,5m (extremidades).

Em todas as etapas das medições e análise, considerou-se sempre a situação que pudesse gerar a maior dose ao profissional, adotando-se uma posição conservativa do ponto de vista da radioproteção.

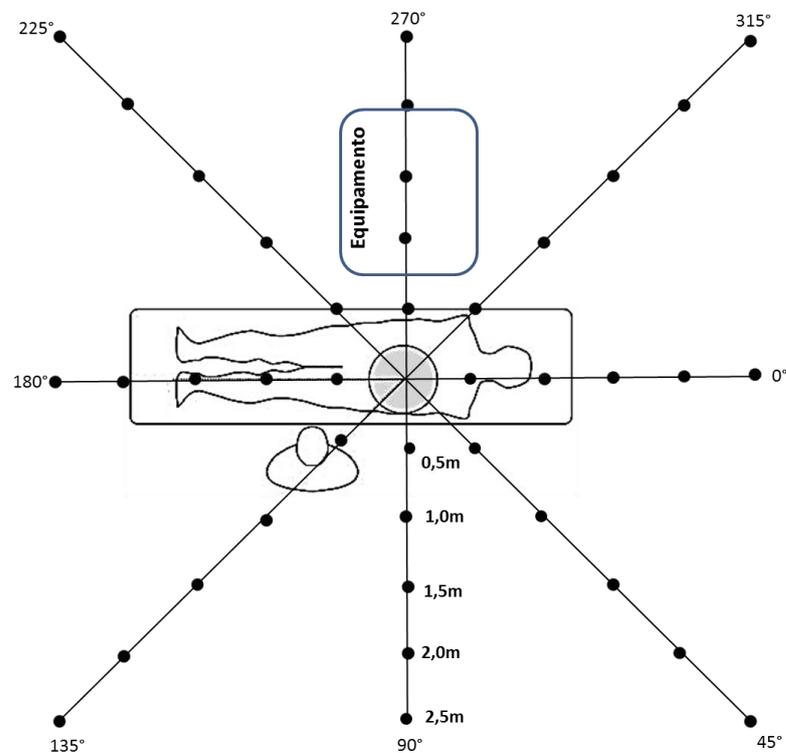


Figura 09: Geometria das medidas realizadas na sala.

8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

8.1 PERFIL DA RADIAÇÃO ESPALHADA

As medidas realizadas em taxa de exposição (Tabelas 02 a 06) foram convertidas para taxa de dose efetiva (\dot{E}). Os valores de ponderação dos tecidos utilizados foram baseados nas recomendações da Comissão Internacional de Proteção Radiológica ICRP (ICRP, 2007). Os valores utilizados para cristalino, tireoide e extremidades foram 0,04; gônadas 0,08 e tórax 0,80.

TABELA 02: Taxa de exposição (mR/h) em várias direções e distâncias ao tubo. Câmara de Ionização a 1,60m – altura do cristalino.

Distância ao tubo (m)	Direção (em relação à mesa)							
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
0,5	358	328	442	256	348	407	524	480
1,0	135	208	256	172	280	220	363	365
1,5	102	179	180	108	221	165	242	267
2,0	92	123	126	85	183	132	138	180
2,5	68	88	90	65	157	84	68	125

TABELA 03: Taxa de exposição (mR/h) em várias direções e distâncias ao tubo. Câmara de Ionização a 1,40m – altura da tireoide.

Distância ao tubo (m)	Direção (em relação à mesa)							
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
0,5	489	406	578	382	502	590	906	683
1,0	171	270	330	214	395	291	464	458
1,5	150	222	206	139	293	214	237	296
2,0	110	123	129	96	206	136	175	172
2,5	65	79	88	76	134	91	126	123

TABELA 04: Taxa de exposição (mR/h) em várias direções e distâncias ao tubo. Câmara de Ionização a 1,20m – altura do tórax.

Distância ao tubo (m)	Direção (em relação à mesa)							
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
0,5	542	569	777	524	734	674	1794	1363
1,0	303	407	455	262	605	445	567	684
1,5	182	195	213	158	305	245	257	304
2,0	94	124	130	112	227	139	187	179
2,5	63	79	94	75	138	73	120	101

TABELA 05: Taxa de exposição (mR/h) em várias direções e distâncias ao tubo. Câmara de Ionização a 1,00m – altura das gônadas.

Distância ao tubo (m)	Direção (em relação à mesa)							
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
0,5	2126	918	1576	1007	2194	1338	1984	2204
1,0	401	330	435	319	672	451	587	583
1,5	137	167	225	169	321	230	252	246
2,0	69	98	121	89	210	116	140	138
2,5	44	75	84	60	139	76	95	83

TABELA 06: Taxa de exposição (mR/h) em várias direções e distâncias ao tubo. Câmara de Ionização a 0,50m – altura das extremidades.

Distância ao tubo (m)	Direção (em relação à mesa)							
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
0,5	235	351	475	1965	3640	1962	392	127
1,0	212	84	174	230	1062	311	287	92
1,5	147	83	145	89	448	116	164	92
2,0	70	71	98	55	246	71	88	58
2,5	42	60	66	38	166	48	37	40

As medidas de taxa de dose efetiva foram estimadas considerando que os profissionais expostos não estavam utilizando equipamentos de proteção individual, tais como aventais plumbíferos, protetores de tireoide, entre outros. Por lei, esses procedimentos só podem ocorrer se os profissionais estiverem utilizando tais equipamentos. Por isso, considerou-se como o valor de taxa de dose efetiva, com o uso de equipamentos de proteção individual, um décimo da taxa de dose efetiva sem os equipamentos de proteção (Tabelas 07 e 08).

TABELA 07: Taxa de dose efetiva (mSv/h) em várias direções, para diferentes distâncias ao tubo. Sem uso de EPI.

Distância ao tubo (m)	Direção (em relação à mesa)							
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
0,5	6,5	5,7	8,1	6,0	9,4	7,6	16,6	13,2
1,0	2,9	3,7	4,3	2,6	6,1	4,2	5,4	6,3
1,5	1,7	1,9	2,1	1,5	3,1	2,3	2,5	2,9
2,0	0,9	1,2	1,3	1,1	2,2	1,3	1,8	1,7
2,5	0,6	0,8	0,9	0,7	1,4	0,7	1,1	1,0

TABELA 08: Taxa de dose efetiva (mSv/h) em várias direções, para diferentes distâncias ao tubo. Considerando o uso de EPI.

Distância ao tubo (m)	Direção (em relação à mesa)							
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
0,5	0,65	0,57	0,81	0,60	0,94	0,76	1,66	1,32
1,0	0,29	0,37	0,43	0,26	0,61	0,42	0,54	0,63
1,5	0,17	0,19	0,21	0,15	0,31	0,23	0,25	0,29
2,0	0,09	0,12	0,13	0,11	0,22	0,13	0,18	0,17
2,5	0,06	0,08	0,09	0,07	0,14	0,07	0,11	0,10

Através dos valores de taxa de dose efetiva das tabelas anteriores, foi possível traçar o perfil da radiação espalhada e mapear a sala (Figuras 10 e 11).

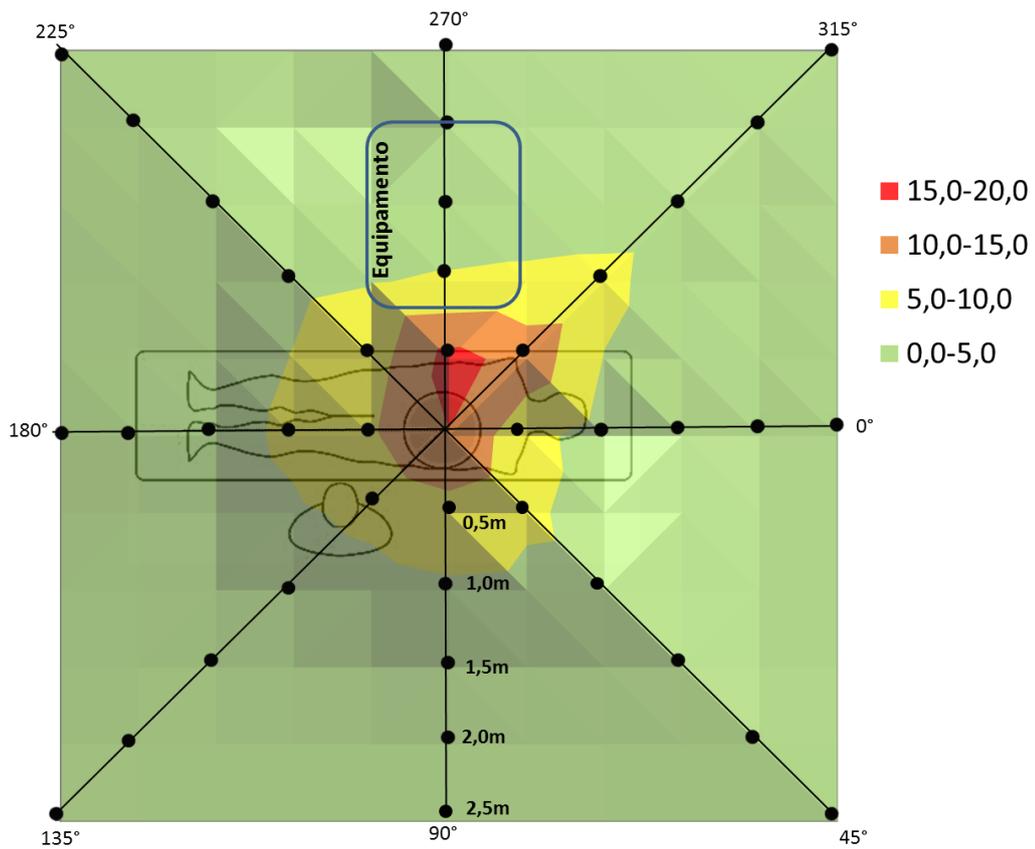


Figura 10: Perfil da radiação espalhada sem o uso de EPI. Taxa de dose efetiva (mSv/h).

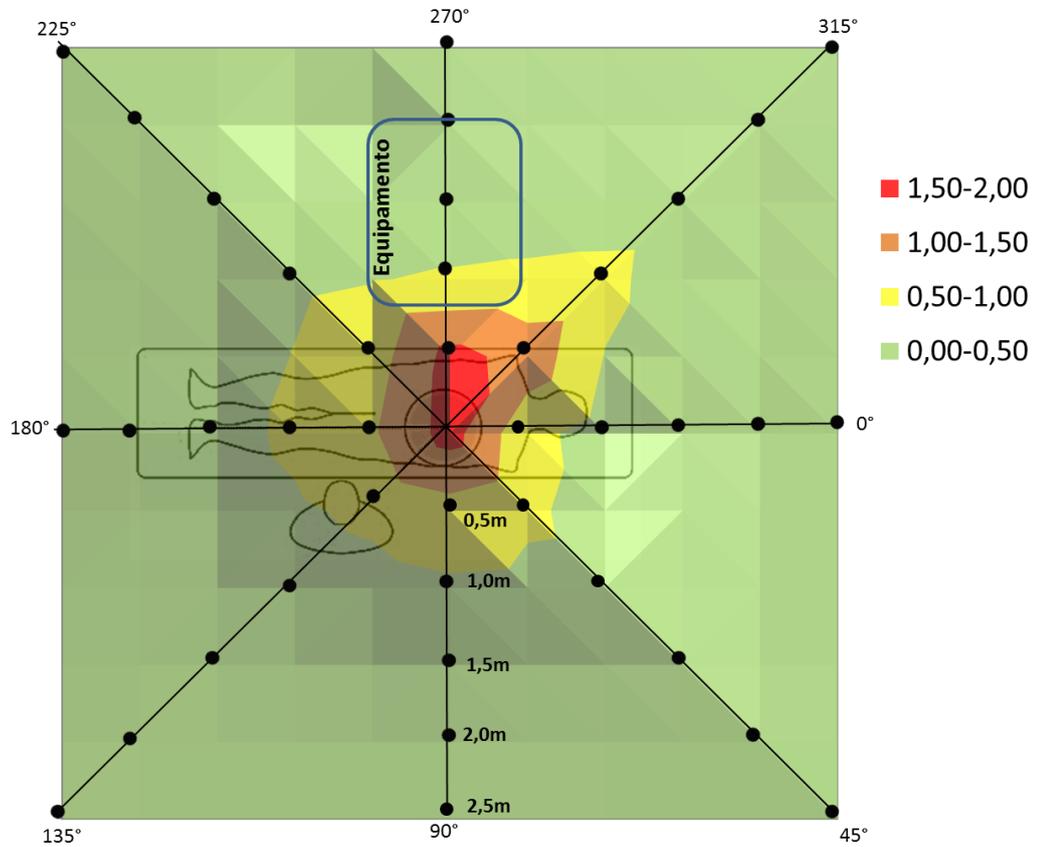


Figura 11: Perfil da radiação espalhada com o uso de EPI. Taxa de dose efetiva (mSv/h).

As figuras 10 e 11 mostram que as direções onde os profissionais permanecem de frente para o tubo (45° , 90° e 135°) possuem um menor perfil de radiação espalhada. E essas são as direções mais utilizadas pelos profissionais durante os procedimentos intervencionistas. As figuras 12, 13 e 14 mostram respectivamente, o perfil de taxa de dose equivalente que os profissionais, que permanecem nas direções 45° , 90° e 135° , estão submetidos durante os procedimentos, quando utilizam EPI.

Através das figuras 12 a 14, pode-se observar que as direções 90° e 135° apresentam maiores taxas de dose equivalente, sendo que a direção de 90° é mais significativa, visto que o perfil de maior taxa de dose está presente em órgãos de alta sensibilidade à radiação ionizante (gônadas). Em vista disso, para uma análise global, consideraremos a dose efetiva na direção 90° . Entretanto, na direção 45° , vemos que o cristalino do primeiro operador é bastante exposto, de 2 a 4 mSv/h, podendo facilmente ultrapassar o limite de dose anual de 20mSv/ano. Com isso, comprova-se a importância do uso de óculos plumbíferos para o primeiro operador.

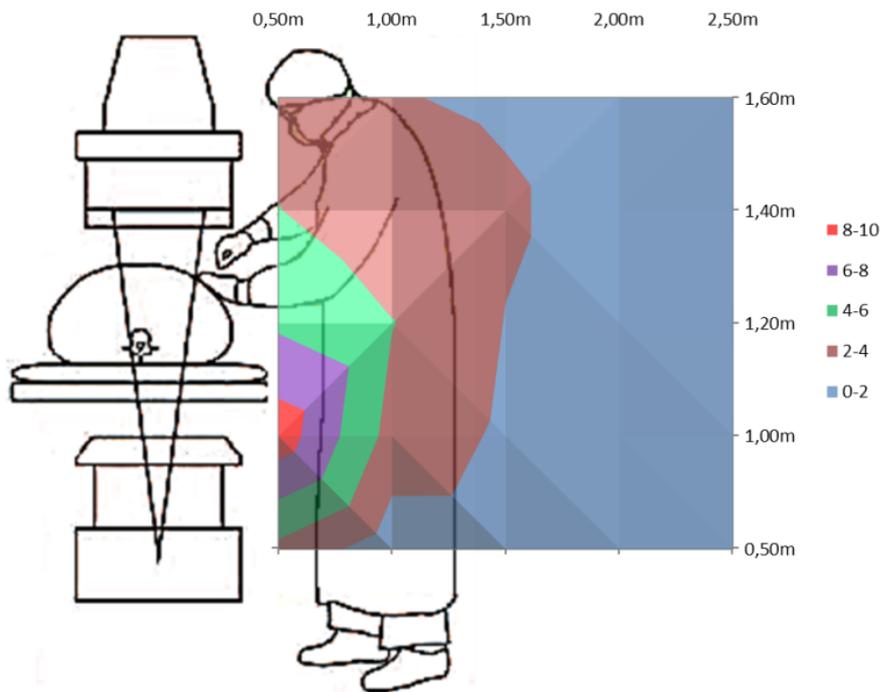


Figura 12: Perfil da taxa de dose equivalente (mSv/h) na direção de 45° . Considerando o uso de EPI.

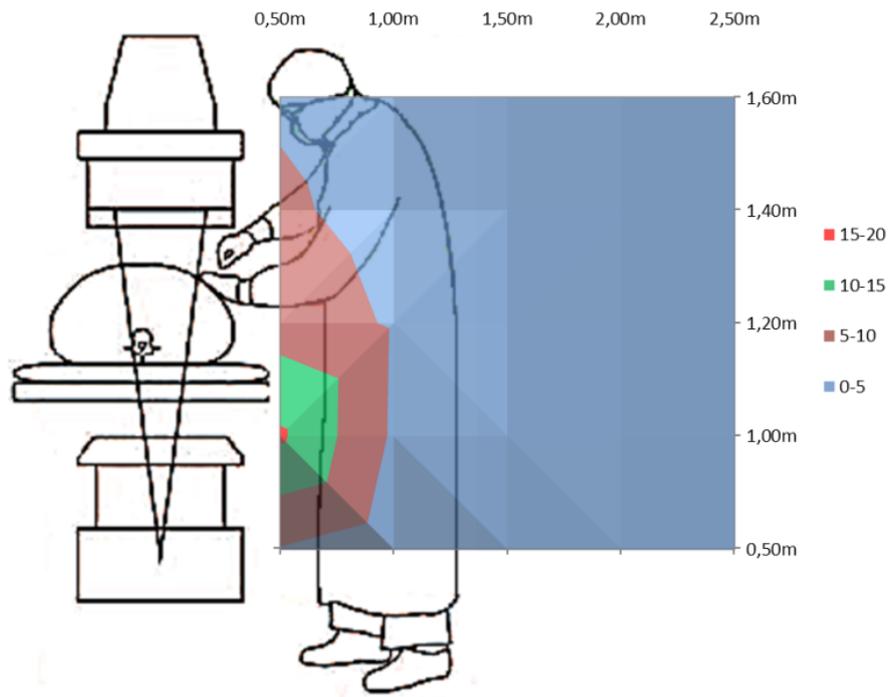


Figura 13: Perfil da taxa de dose equivalente (mSv/h) na direção de 90°. Considerando o uso de EPI.

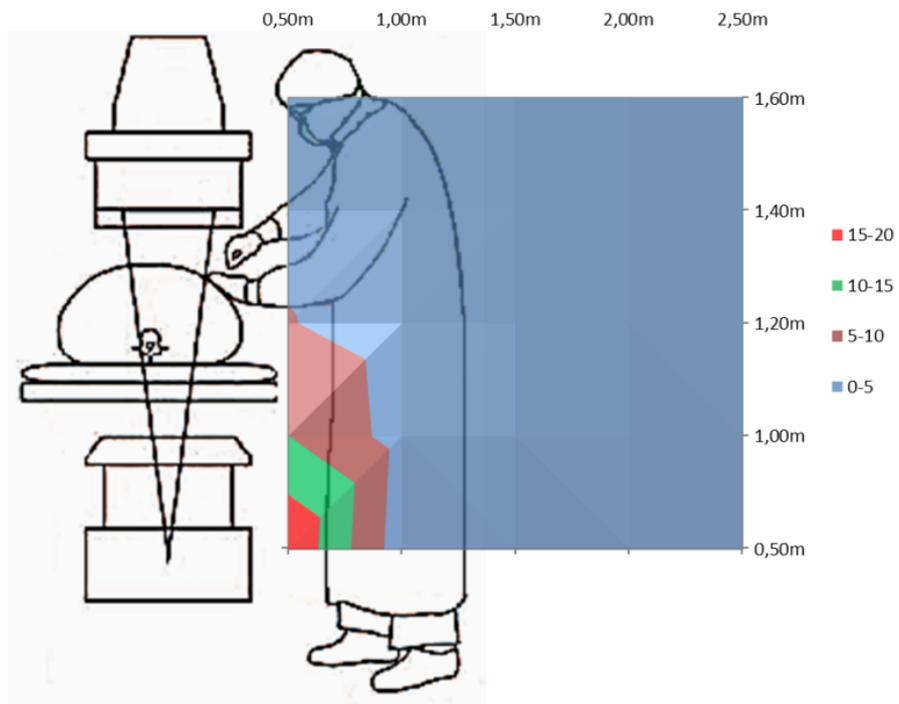


Figura 14: Perfil da taxa de dose equivalente (mSv/h) na direção de 135°. Considerando o uso de EPI.

8.2 CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS

Sabe-se que, com o equipamento analisado são realizados diversos procedimentos com tempos de exposição variados. Verificou-se que a maioria é realizada utilizando o equipamento emissor de radiação em modo pulsado e não em modo contínuo, como foram realizadas as medidas, gerando doses menores ao paciente e à equipe envolvida do que as medidas nesse estudo. Dentre os diferentes procedimentos realizados, observou-se que a maioria apresenta tempos de exposição curtos, muitas vezes inferiores a 1 minuto. Neste trabalho estimou-se que cada procedimento apresenta em média 1 minuto de exposição.

Analisando a carga de trabalho da instalação, viu-se que são realizados em média 24 procedimentos semanais. Com isso, um profissional, trabalhando 40 horas semanais, é submetido a 20 horas de exposição por ano.

De acordo com a legislação vigente no Brasil, as áreas podem ser classificadas em livres e controladas de acordo com o nível de dose para cada uma. São consideradas áreas livres, aquelas que possuem um nível de restrição de dose de 0,01 mSv/sem ou 0,5 mSv/ano. Enquanto áreas controladas são aquelas que possuem um nível de restrição de dose de 0,10 mSv/sem ou 5,0 mSv/ano (BRASIL, Portaria MS/SVS n° 453/98).

TABELA 09: Estimativa de dose efetiva para a direção de 90° para diferentes distâncias ao tubo e fatores de ocupação. Considerando a carga horária de 40 h/sem e uso de EPI.

Dose efetiva de corpo inteiro (mSv)						
Distância ao tubo (m)	Fator de Ocupação (Procedimentos/semana)					
	1 (24)	1/2 (12)	1/4 (6)	1/8 (3)	1/16 (2)	1/32 (1)
0,5	16,13	8,06	4,03	2,02	1,01	0,50
1,0	8,57	4,29	2,14	1,07	0,54	0,27
1,5	4,19	2,09	1,05	0,52	0,26	0,13
2,0	2,55	1,28	0,64	0,32	0,16	0,08
2,5	1,83	0,92	0,46	0,23	0,11	0,06
Legenda:	D > 5 mSv/ano		0,5 < D < 5 mSv/ano		D < 0,5 mSv/ano	

A tabela 09 representa um profissional com carga horária de 40 horas semanais, participando de 24 procedimentos por semana. Nota-se que o primeiro operador, que permanece a 0,5 m de distância, encontra-se numa área de dose acima dos níveis de restrição de dose, para área controlada, recomendados pela legislação.

Entretanto, percebe-se que com a diminuição o fator de ocupação da sala, que pode ser obtida através da redução do número de procedimentos ou pelo revezamento da equipe, o mesmo profissional pode participar como primeiro operador de até 6 procedimentos semanais, de até 1 minuto de exposição cada. Ou seja, 4 pessoas podem revezar como primeiro operador, considerando 24 procedimentos semanais. Todos esses profissionais permanecem em área controlada e devem participar do programa de monitoração individual da instalação.

Os outros profissionais que tiverem condições de permanecer a pelo menos 2,0 m do tubo durante a exposição, e participarem de até 6 procedimentos semanais, de 1 minuto de exposição cada, também estão em área controlada e devem ser monitorados.

Já aqueles indivíduos que permanecem a no mínimo dois metros do tubo durante a exposição e realizam menos de 6 procedimentos semanais, de 1 minuto de exposição cada, estão sujeitos a doses inferiores aos níveis de restrição de dose característicos de áreas livres, não sendo obrigatório participarem do programa de monitoração individual da instalação.

TABELA 10: Estimativa de dose efetiva para a direção de 90° para diferentes distâncias ao tubo e fatores de ocupação. Considerando a carga horária de 24 h/sem e o uso de EPI.

Dose efetiva de corpo inteiro (mSv)					
Distância ao tubo (m)	Fator de Ocupação (Procedimentos/semana)				
	1 (8)	1/2 (4)	1/4 (2)	1/8 (1)	
0,5	4,05	2,02	1,01	0,50	
1,0	2,51	1,26	0,63	0,31	
1,5	1,23	0,61	0,31	0,15	
2,0	0,75	0,37	0,19	0,09	
2,5	0,49	0,24	0,12	0,06	
Legenda:		0,5 < D < 5 mSv/ano			D < 0,5 mSv/ano

Na instituição analisada, os indivíduos ocupacionalmente expostos cumprem uma jornada de trabalho de 24 horas semanais. Na tabela 10 vemos que o primeiro operador, que permanece mais próximo do paciente (0,5m) e os demais profissionais que permanecem a

menos de 2,0 metros do tubo, podem realizar até 8 procedimentos de 1 minuto de exposição por semana. Esses profissionais permanecem em área controlada e devem ser monitorados.

Caso os profissionais realizem até 4 procedimentos semanais de 1 minuto de exposição cada e, durante a exposição, se posicionem a 2,0 metros do tubo, eles estarão enquadrados em regiões da sala com taxa de dose inferior aos limites estabelecidos para área livre, não sendo obrigatório a sua participação no programa de monitoração individual da instalação. A diminuição do número de procedimentos semanais em que cada profissional atua pode ser atingida através do revezamento de equipes.

8.3 ANÁLISE DE RISCOS

A Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP - International Commission of Radiological Protection) define alguns valores de risco de câncer radioinduzido associado a baixas doses de radiação. (Tabela 11)

TABELA 11: Estimativa de risco para câncer e efeitos hereditários radioinduzidos. (HALL, 2000)

População exposta	Detrimento (10^{-2} Sv^{-1})			Total
	Câncer letal	Câncer não letal	Efeitos hereditários severos	
IOE	4,0	0,8	0,8	5,6
Público	5,0	1,0	1,3	7,3

Com base nos dados da tabela 11 para IOE e analisando a direção de 90° e as cargas horárias de 24 e 40 horas semanais (tabelas 09 e 10), construiu-se os gráficos das figuras 15 e 16. Considerou-se uma população de 10000 IOE e vários anos de trabalho com exposição à radiação ionizante (1, 10, 20 e 30 anos).

Nas figuras 15 e 16 vemos que a incidência de câncer letal é maior em IOE que trabalham mais tempo com o uso de radiação ionizante dado o caráter cumulativo sob o ponto de vista de proteção radiológica. Outro fator importante é que o período de aparecimento, ou detecção, do câncer após a exposição pode chegar até 40 anos.

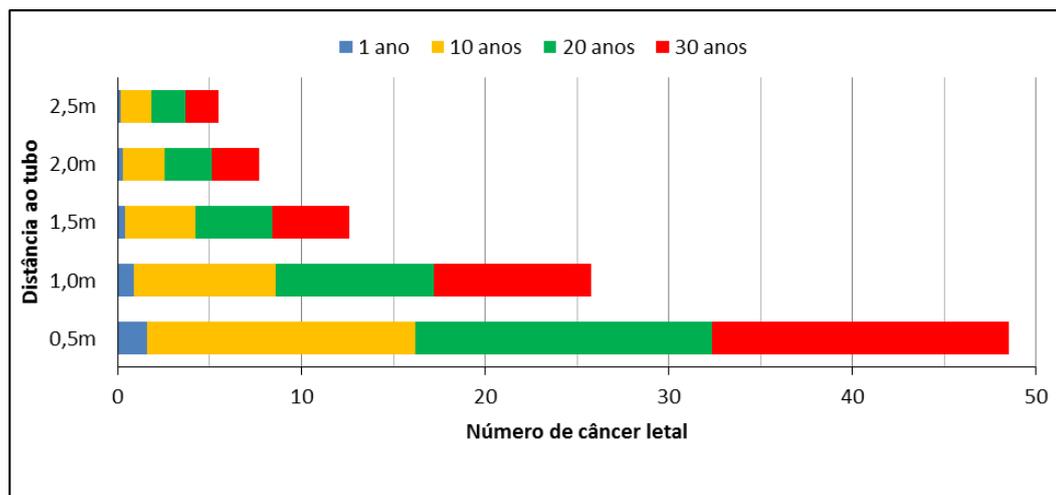


Figura 15: Incidência de câncer letal radioinduzido numa população de 10000 IOE com carga horária de 24h/sem. Considerando vários anos de trabalho, com o uso de EPI.

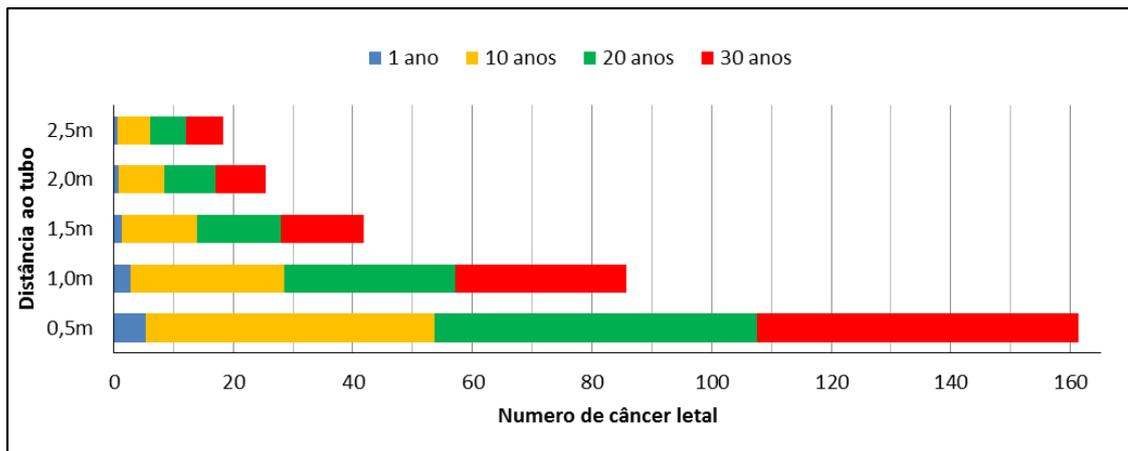


Figura 16: Incidência de câncer letal radioinduzido numa população de 10000 IOE com carga horária de 40h/sem. Considerando vários anos de trabalho, com o uso de EPI.

É possível ainda associarmos o risco da exposição à radiação ionizante com outros riscos. Eric J. Hall em seu livro “Radiobiology for the radiologist” diz que a cada ano, ocorrem em média 50 mil óbitos por câncer de pulmão associado ao tabagismo. Numa população de 50 milhões de fumantes, que fumam em média 1 maço por dia, podemos associar 1 óbito a 7,3 milhões de cigarros consumidos. Com isso, podemos associar o tempo de exposição a um número de cigarros. A figura 17 mostra a relação entre um minuto de exposição, para diferentes distâncias e direções de incidência, e o número de cigarros consumidos.

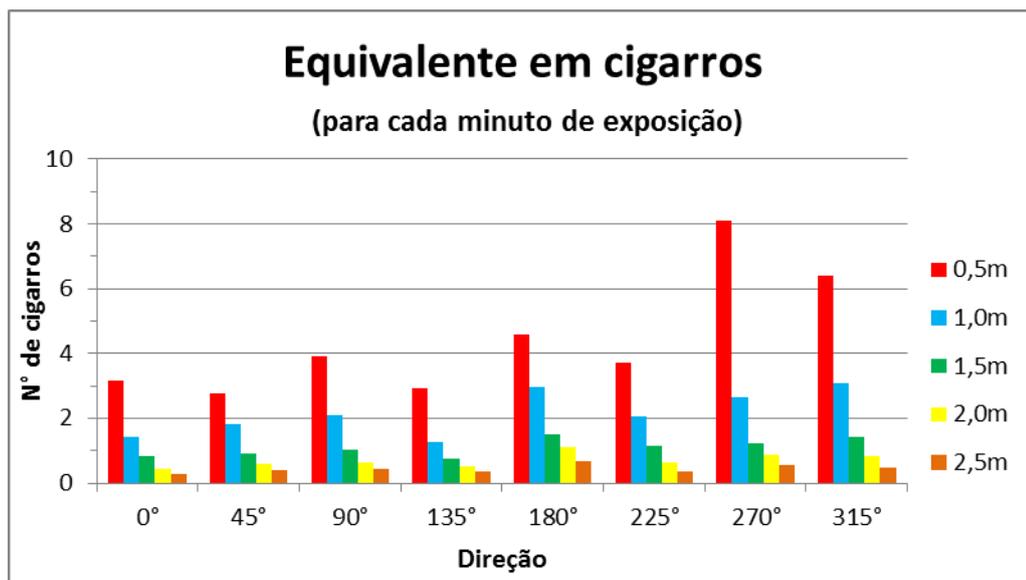


Figura 17: Relação entre os riscos gerados pelo consumo de cigarros e um minuto de exposição à radiação ionizante. Considerando o uso de EPI.

Através da figura 17, vemos que um IOE que permanece 1 minuto de exposição a meio metro do tubo possui o mesmo risco de desenvolver um câncer letal que uma pessoa que consome até 8 cigarros, dependendo da direção de incidência que ele permaneça na sala.

Essas análises de risco são baseadas em modelos epidemiológicos baseados em análises de populações expostas ao longo do tempo à baixas doses de radiação como sobreviventes da bomba atômica e acidentes radiológicos.

Esses estudos não podem ser tomados como conclusivos, mas como indicadores para a contínua otimização dos procedimentos realizados. Outro fator muito importante é o treinamento adequado e contínuo da equipe que além de perícia técnica deve saber como se portar durante a exposição. Para isso, a Agência Internacional de Energia Atômica IAEA (International Atomic Energy Agency) lançou um pôster com recomendações para o profissional que atua em procedimentos intervencionistas. A versão em português desse pôster encontra-se no Anexo B desse trabalho.

9. CONCLUSÃO

Através desse estudo, conclui-se que a radiação espalhada pelo paciente possui um perfil diferente para cada direção de incidência e também segue a lei do inverso do quadrado da distância. Evidencia-se também a importância do uso de equipamentos de proteção individual para todos os profissionais envolvidos nos procedimentos intervencionistas. Além do avental plumbífero e do protetor de tireoide, vê-se que o uso de óculos plumbíferos pelo primeiro operador, que permanece mais próximo ao paciente, também se faz necessário visto a redução do limite anual de dose equivalente no cristalino.

A análise de risco nos mostra que todas as práticas devem sempre seguir os princípios de justificação e otimização além de ser de fundamental importância a atualização dos profissionais que atuam nesses procedimentos. Deve-se ainda considerar que os mesmo profissionais podem atuar em locais de trabalho diferentes, por isso é os IOE devem informar e disponibilizar aos empregadores seus relatórios de dose.

Por fim, mesmo sendo um equipamento portátil, foi possível classificar as áreas em torno do equipamento de acordo com os níveis de dose encontrados. Com isso, é possível melhorar as rotinas e escalas de trabalho para que alguns profissionais sempre permaneçam em áreas sujeitas ao mesmo nível de restrição de dose de áreas livres. Diminuindo assim, a dose coletiva da instalação e podendo reduzir custos do programa de monitoração individual.

É importante lembrar ainda que este trabalho analisa um equipamento dentro de uma instalação específica e sugere uma metodologia para estimar dose e a partir daí classificar as áreas em serviços que utilizam arco em C. Portanto, novos estudos são necessários a fim de analisar outros equipamentos e instalações.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ICRP 85, 2000. International Commission on Radiation Protection. **Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures**. Publication 85, Annals of the ICRP. v.30 n.2; Viena, 2000.

Canevaro, L. **Aspectos físicos e técnicos da radiologia intervencionista** [artigo de revisão]. Revista Brasileira de Física Médica. 2009; 3(1): 101-15.

Shueler, Beth A. **The AAPM/RSNA Physics Tutorial for Residents: General Overview of Fluoroscopic Imaging**. RadioGraphics 2000; 20:1115-1126.

BUSHBERG, Jerrold T. **The Essential Physics of Medical Imaging**. 2nd edition. Williams & Wilkins. Philadelphia, USA, 2001.

TAHUATA, L., Salati, I.P.A., Prinzió, R.Di., Prinzió, M.A.R.R.Di. **Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos** – 5^a Revisão – Agosto/2003 – Rio de Janeiro – IRD/CNEN.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria 453 de 01 de Junho de 1998. **Diretrizes básicas de proteção radiológica em Radiodiagnóstico médico e odontológico**. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília, 1998.

CNEN-NN-3.01:2011 – **Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica** – Comissão Nacional de Energia Nuclear. CNEN – Setembro/2011

ICRP, 2007. **The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection**. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4).

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Radiodiagnóstico Médico: Desempenho de Equipamentos e Segurança**. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília, 2005.

Schueler, Beth A et al. **An Investigation of Operator Exposure in Interventional Radiology**. RadioGraphics, 2006; 26:1533-1541.

HALL, Eric J. **Radiobiology for the radiologista** – 5th Edition – Lippincott Williams & Wilkins. Philadelphia, PA – USA, 2000.

- Silveira Filho, J.A.M et al. **Estudo de dose e risco relativo de indivíduos ocupacionalmente expostos em procedimentos intervencionistas**. Revista Brasileira de Física Médica, 2012; 6(3):167-71.
- Gronchi, CC et al. **Controle da exposição ocupacional às radiações ionizantes nos serviços de hemodinâmica segundo a portaria 453 e American College of Cardiology**. Revista Brasileira de Física Médica, 2009; 2(1): 2-5.
- Souza E. & Soares JP. **Correlações técnicas e ocupacionais da radiologia intervencionista**. J Vasc Bras. 2008; 7(4):341-350.
- Silva LP et al. **Avaliação da exposição dos médicos à radiação em procedimentos hemodinâmicos intervencionistas**. Radiologia Brasileira. 2008 Set/Out; 41(5):319-323.
- Pinto NGV et al. **Estimativa de dose na radiologia intervencionista**. INAC 2005, Santos, Brasil.
- Scremin SCG et al. **Avaliação da exposição ocupacional em procedimentos intervencionistas**. Radiologia Brasileira 2006; 39 (2): 123-126.
- Luz, ES. **Proteção radiológica em radiologia intervencionista: estudo de caso** [Dissertação]. Rio de JANEIRO: Instituto Militar de Engenharia; 2004.

ANEXO A
GRANDEZAS E UNIDADES

GRANDEZAS E UNIDADES

Exposição (X)

Grandeza física definida como a quantidade de energia (apenas raios x e raios gama) necessária para produzir uma quantidade de íons de mesmo sinal de $2,58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$. Sua unidade no SI é o *Roentgen (R)*.

Dose Absorvida no ar (Gy)

Energia, oriunda de qualquer tipo de radiação, absorvida em um meio por unidade de massa. Sua unidade no SI é o Gy, onde $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$.

Dose Equivalente (Sv)

Grandeza expressa por $H_T = D_T w_R$, onde D_T é a dose absorvida média no órgão ou tecido e w_R é o fator de ponderação da radiação. A unidade no sistema internacional é o sievert (Sv), onde $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg}$.

Dose Efetiva (Sv)

É a soma das doses equivalentes ponderadas nos diversos órgãos e tecidos, $E(\tau) = \sum_T w_T H_T(\tau)$, onde H_T é a dose equivalente no órgão ou tecido e w_T é o fator de ponderação do órgão ou tecido. A unidade no sistema internacional é o sievert (Sv), onde $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg}$.

Dose coletiva (pessoa.Sv)

Expressão da dose efetiva total recebida por uma população ou um grupo de pessoas, definida como o produto do número de indivíduos expostos a uma fonte de radiação ionizante, pelo valor médio da distribuição de dose efetiva desses indivíduos. A dose coletiva é expressa em pessoa-sievert (pessoa.Sv).

ANEXO B***10 RECOMENDAÇÕES PARA A PROTEÇÃO DO STAFF EM
FLUOROSCOPIA***

10 Recomendações para a proteção do **staff** em fluoroscopia

Toda redução de dose ao paciente representa uma redução de dose ao profissional

1. Use dispositivos de proteção!



São recomendados aventais plumbíferos de 2 peças para distribuir o peso. Com 0,25 mm de chumbo, a sobreposição na parte da frente será 0,5 mm e de 0,25

mm na parte de trás.

(Representa mais de 90% de proteção)



Óculos plumbíferos com proteção lateral



Protetor de tiróides

2. Lembre-se dos princípios:: tempo – distância - blindagem

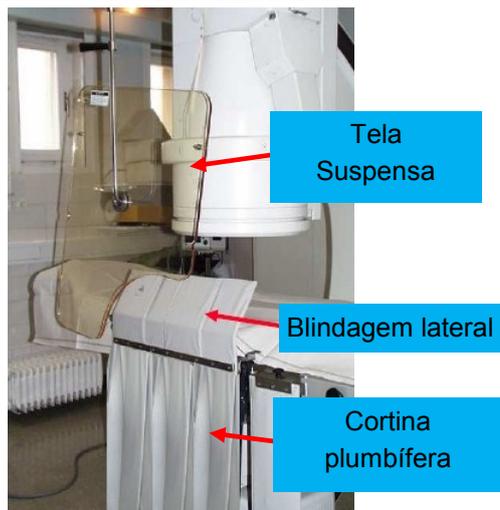
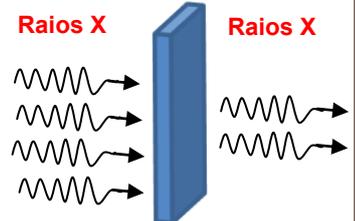
Minimize o tempo



Maximize a distância o quanto seja possível clinicamente



Use blindagem



Tela Suspensa

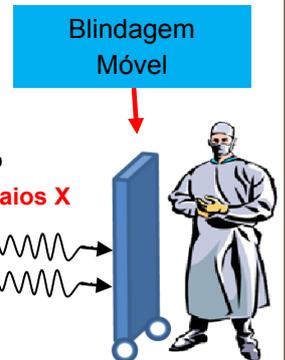
Blindagem lateral

Cortina plumbífera

3. Use os visores plumbíferos de teto, as blindagens laterais e saíotes plumbíferos abaixo da mesa

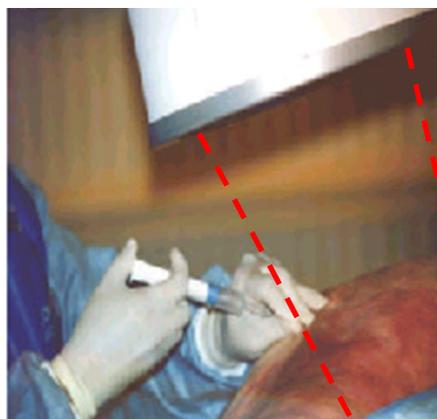
Eles proporcionam uma redução da radiação espalhada em mais de 90%

Blindagem móvel é aconselhável quando se trabalha no modo de aquisição “cine”



4. Mantenha suas mãos fora do feixe primário a menos que seja estritamente necessário

As mãos dentro do campo do feixe primário aumentará os parâmetros de exposição (kV, mA) e a dose ocupacional e do paciente



RPOP
Radiation
Protection of
Patients

<http://rpop.iaea.org>



ISEMIR

Information System on Occupational Exposure
in Medicine, Industry and Research

<http://www-ns.iaea.org/tech-areas/communication-networks/norp/isemir-web.htm>

Poster relacionado!

10 Recomendações para a proteção de **pacientes** em fluoroscopia

<http://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/Documents/Whitepapers/poster-patient-radiation-protection-pt.pdf>

Página 1 de 2
Fluoroscopia

Proteção Radiológica do Staff

10 Recomendações para a proteção do **staff** em fluoroscopia

Toda redução de dose ao paciente representa uma redução de dose ao profissional



Correto!



Incorreto!

5. Somente 1-5% da radiação que incide na entrada do paciente é transmitida para o outro lado

Permaneça do lado oposto ao tubo de raios X pois menos que 1-5% da radiação incidente será transmitida

6. Mantenha o tubo de Raios X abaixo da mesa e não sobre ela

Desta maneira, se recebe menos radiação espalhada



Correto!



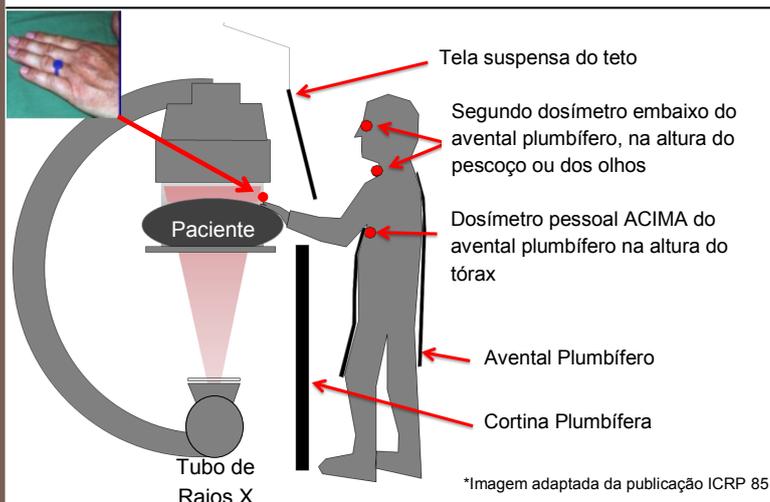
Incorreto!

7. Use seu dosímetro pessoal

Use ao menos **dois** dosímetros:

- Um **sob** o avental plumbífero na altura do tórax
- Outro **acima** do avental plumbífero na altura do pescoço ou dos olhos
- Um dosímetro adicional do tipo anel, para os procedimentos que requerem a exposição das mãos em torno do feixe primário

São úteis os sistemas de dosimetria pessoal em tempo real



8. Atualize periodicamente seus conhecimentos em proteção radiológica



9. Exponha suas dúvidas sobre radioproteção aos especialistas em proteção radiológica/ especialistas em física médica

10. LEMBRE!

- O controle de qualidade dos equipamentos de fluoroscopia permitirá trabalhar de forma segura
- Conheça seu equipamento. Utilizar as características do equipamento de maneira apropriada ajudará a reduzir a dose ao paciente e a equipe
- Use bombas injetoras de meio de contraste automáticas

Poster relacionado!

10 Recomendações para a proteção de **pacientes** em fluoroscopia

<http://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/Documents/Whitepapers/poster-patient-radiation-protection-pt.pdf>