

## Aspectos tecnológicos e estado da proteção radiológica da equipe multidisciplinar em fluoroscopia



<https://doi.org/10.56238/ciemedsaude-trans-026>

### Marta Sueli Azevedo de Jesus

Graduada em Tecnologia em Radiologia  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia.

### Hayana de Jesus Sarmento

Graduada em Medicina, Hospital Geral Roberto Santos - Salvador/Bahia

### Marcus Vinicius Linhares de Oliveira

Doutor em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA

### Paulo Mauricio Almeida Geambastiani

Especialista em Engenharia Clínica, Hospital  
Universitário Professor Edgard Santos - HUPES,  
Salvador-BA

### Juliana dos Santos Muller

Doutora em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de  
Santa Catarina - IFSC

### Charlene da Silva

Mestre em Proteção Radiológica, Instituto Federal de  
Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFSC

### Mauricio Mitsuo Monção

Doutor em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da  
Bahia - IFBA

### RESUMO

O sistema para fluoroscopia para diagnóstico e tratamento médico é projetado para realizar diferentes modos de operação, com possibilidade de acionamento contínuo e pulsado do feixe de radiação X, que resulta em maior tempo de

exposição ocupacional à equipe multiprofissional. Sendo assim, o objetivo deste estudo é destacar aspectos tecnológicos na proteção radiológica, bem como apresentar taxas de doses da radiação espalhada em um ambiente que utiliza fluoroscopia e projeções de exposição ocupacional. Para tanto realizou-se uma estudo exploratório em um serviço hospitalar de referência em hemorragia digestiva, localizado na cidade de Salvador, Bahia, cuja a primeira etapa caracterizou o espaço físico onde funciona procedimentos de colangiopancreatografia retrógrada endoscópica com fluoroscopia, os equipamentos, vestimentas e demais dispositivos de proteção radiológica. Na segunda etapa, foram realizadas medidas da radiação espalhada (taxas de doses em  $\mu\text{Gy/s}$ ) com auxílio de uma câmera de ionização, em diferentes pontos do ambiente, correspondentes às usuais posições adotadas pelos profissionais durante o acionamento da fluoroscopia. Os resultados demonstraram existência de recursos favoráveis à proteção radiológica, porém, que necessitam maior controle de qualidade. As medidas das taxas de doses demonstraram valores de doses de radiação espalhada a qual os profissionais ficam expostos em seus habituais postos de trabalho. As considerações finais enfatizam que a identificação da taxa de dose e as projeções de doses de radiação podem auxiliar na maior compreensão do fenômeno de espalhamento da radiação X na sala de fluoroscopia, e assim, promover maior adesão aos usos das vestimentas de proteção radiológica e dosímetro individual, corroborando que todas as doses absorvidas ocupacionalmente, com nível de registro ou não em dosímetro de monitoração mensal, possuem efeitos cumulativos.

**Palavras-chave:** Fluoroscopia, radiação, proteção radiológica.



## 1 INTRODUÇÃO

O uso dos raios X na medicina teve início logo após sua descoberta em 1895. Foram as publicações do pesquisador Wilhelm Conrad Roentgen que lançaram as bases para o esclarecimento físico da radiação X, e abriu o caminho para a história de sucesso da sua aplicação numa variedade de áreas, que continua até hoje (BUSCH, 2023; SCATLIFF e MORRIS, 2014). Certamente, os raios X são determinantes no progresso na saúde humana, por possibilitar geração de imagens médicas fundamentais no estudo complementar de diversas suspeitas diagnósticas, além do tratamento de doenças (THOMAS e BANERJEE, 2013).

No decorrer dos anos, equipamentos emissores de radiação X cada vez mais especializados foram desenvolvidos, possibilitando diferentes aplicações na área da saúde, destacando-se a fluoroscopia que permite a visualização dinâmica em tempo real do interior do corpo do paciente (HOWELL, 2016; DISANTIS, 2014). Diferente do equipamento de radiografia que obtém imagem com único disparo de raios X (exposição), o sistema para fluoroscopia é projetado para realizar diferentes modos de operação, com possibilidade de acionamento contínuo e pulsado do feixe de raios X, que permite as intervenções diagnósticas e terapêuticas por imagem fluoroscópica (CBR, 2022; BUSHONG, 2010).

No entanto, é fato que tais modos de operação do sistema de fluoroscopia resultam em maior tempo de exposição ocupacional à equipe multiprofissional (CHANG, et al., 2014; MEISINGER, 2016; BADAWEY, HENELY-SMITH e HASMAT, 2023). Também, há de se considerar que além de resultar em maior tempo de exposição ocupacional aos raios X, soma-se a necessidade de os profissionais permanecerem próximos do paciente durante o acionamento da radiação. Sendo assim, o processo de trabalho desenvolvido deve ser otimizado a fim de reduzir o tanto quanto possível a exposição ocupacional da equipe multiprofissional (NAVARRO, 2010; SILVA, et al. 2022; ANVISA, 2022a; MOORES, 2017).

É consenso na literatura especializada que a fluoroscopia resulta em importante nível de radiação espalhada durante procedimentos médicos. Também, sabe-se dos efeitos estocásticos nocivos dos raios X em tecidos vivos (OKUNO, 2013; MOREIRA, 2011; DIMENSTEIN, 2013). Dessa forma, os serviços de saúde devem manter as instalações físicas e equipamentos de fluoroscopia em condições de segurança para serem operados, ao mesmo tempo que os profissionais ocupacionalmente expostos devem aplicar princípios e técnicas para que a exposição à radiação seja tão mínima quanto possível (ICPR, 2007). Ademais, tal como agente físico, os raios X interagem com a matéria resultando em absorção, transmissão ou espalhamento (OKUNO e YOSHIMURA, 2010; OKUNO, 2013). Os profissionais ocupacionalmente expostos não podem sentir diretamente a interação da radiação X no corpo. Dessa forma, a depender da quantidade, qualidade e tempo de exposição, seus efeitos poderão ser observados quando doenças radioinduzidas forem manifestadas organismo (DIMENSTEIN, 2013).



Existem evidências de que o conhecimento e aplicação dos princípios de proteção radiológica tempo, distância e blindagem são eficazes para proteger e/ou reduzir a exposição à radiação em ambientes nos quais se operam equipamentos emissores de raios X (KIM, 2018). Todavia, nos serviços de fluoroscopia atuam equipes multiprofissionais, com diferentes formações acadêmicas, saberes e habilidades (VANZANT e MUKHDOMI, 2023). Outrossim, caso o serviço receba acadêmicos estagiários da área da saúde e médicos residentes, soma-se à equipe indivíduos com pouca vivência prática e/ou nenhuma experiência no uso de tecnologias emissoras de radiação X (MONÇÃO, et al., 2022). Portanto é imprescindível formação contínua que contemple aspectos tecnológicos e estado da proteção radiológica da equipe multiprofissional em fluoroscopia.

Isto posto, entende-se a importância do desenvolvimento de estudos que versem sobre o estado de proteção radiológica da equipe multidisciplinar durante uso de fluoroscopia. Sendo assim, o presente estudo destaca aspectos tecnológicos importantes na proteção radiológica, apresenta taxa de dose da radiação espalhada em ambiente com uso de fluoroscopia, bem como projeções de exposição ocupacional para a equipe multiprofissional. Espera-se promover reflexões para maior compreensão da necessidade de adoção de medidas de proteção radiológica, cuja a equipe multiprofissional deve ser atuante na promoção da segurança no uso da radiação com finalidade médica.

## 2 METODOLOGIA

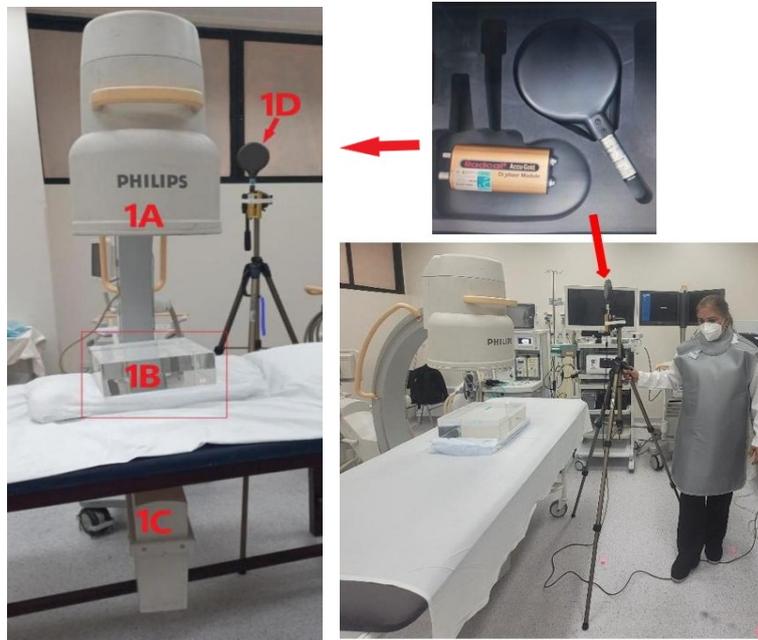
Trata-se de um estudo observacional do tipo exploratório, desenvolvido em duas etapas, em um serviço de referência em hemorragia digestiva de um hospital público localizado na cidade de Salvador, Bahia. Ressalta-se que não houve a participação direta e/ou indireta de pacientes ou profissionais, e/ou seus respectivos dados primários, dispensando parecer do Comitê de Ética em Pesquisa. No entanto, foi solicitado a assinatura do termo de anuência institucional para a realização deste estudo.

Na primeira etapa, realizada no período de agosto a outubro de 2021, utilizou-se um roteiro semiestruturado para coleta de dados, que foi preenchido através de visitas presenciais em horário usual de funcionamento da unidade. Nesta etapa, buscou-se identificar e caracterizar o espaço físico onde ocorrem procedimentos de colangiopancreatografia retrógrada endoscópica com fluoroscopia (CPRE), os equipamentos, as vestimentas de proteção radiológica (VPRs) e demais dispositivos de proteção radiológica.

Na segunda etapa, executada em maio de 2022, foram realizadas medidas da radiação espalhada (taxas de doses  $\mu\text{Gy/s}$ ), em diferentes pontos na sala de CPRE, a fim de projetar valores de doses de radiação espalhada, a qual os profissionais ficam expostos em seus habituais postos de trabalho. A Figura 1 apresenta detalhes dos materiais utilizados, sendo, equipamento de fluoroscopia (figuras 1A e 1C), um objeto simulador de polimetilmetacrilato (PMMA) nas dimensões 50 x 50 x 60 cm (figura 1B), que foi posicionado na mesa de procedimentos, mimetizando o atendimento ao paciente durante

a CPRE. As medidas das taxas de dose foram obtidas com uso de uma câmara de ionização da marca RADCAL (figura 1D), devidamente calibrada, conectada em um sistema multimedidor modelo ACCU-Golden+.

Figura 1 - Detalhes dos materiais, (1A) intensificador de imagem do equipamento de fluoroscopia, (1B) objeto espalhador (PMMA), (1C) tubo de raios X e (1D) câmara de ionização.

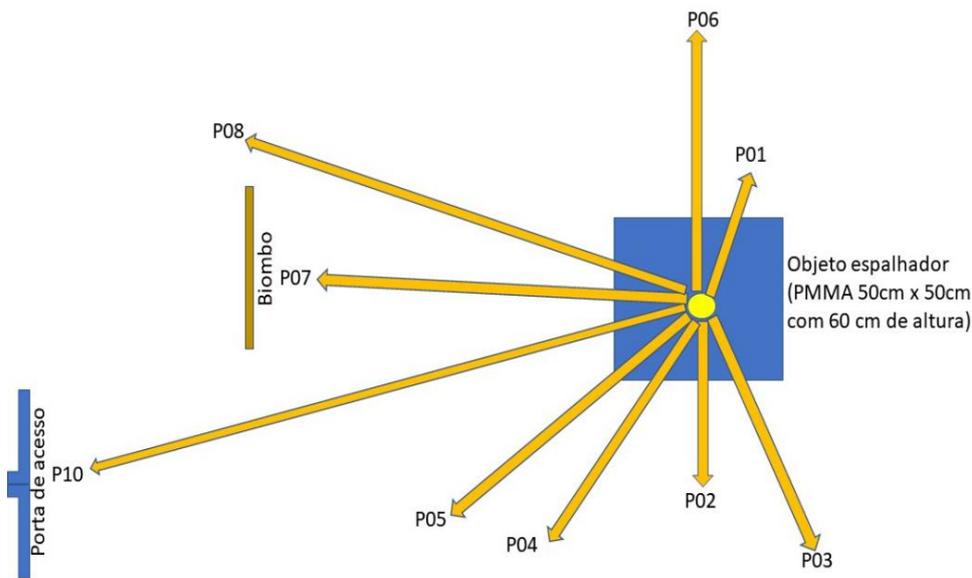


Fonte: Autores, 2022.

A câmara de ionização de 180cc apresenta alta sensibilidade e precisão na detecção de uma ampla faixa do espectro de raios X. A leitura da taxa de dose foi registrada após o feixe de radiação alcançar sua estabilidade, que ocorreu após 5 segundos com o feixe acionado no modo contínuo do Arco C (LESYUK, et al., 2016). Os parâmetros técnicos para operação do equipamento foram 73 kV, 2.77 mA e 9, mAs e tamanho de campo de 23 x 23 cm.

Considerando que durante o procedimento de CPRE o conjunto tubo de raios X e intensificador de imagem permanece na mesma posição, as medições foram realizadas a 85 cm e 170 cm a partir do solo, com tubo de raios X a 0° em função da altura. A câmara de ionização foi posicionada com auxílio de um pedestal. As alturas de 85 cm e 170 cm foram escolhidas por corresponderem regiões com órgãos mais radiosensíveis como gônadas, tireoide e cristalino. As medições foram realizadas em diferentes distâncias do isocentro do objeto espalhador, sendo: 50, 60, 140, 145, 180, 200, 230, 250 e 350 cm, e ângulo de espalhamento a 180° em relação às posições usuais adotadas pelos profissionais durante acionamento da fluoroscopia (figura 2).

Figura 2 - Posições usuais adotadas pelos dos profissionais na sala de CPRE, durante fluoroscopia.



Legenda: P01 - Técnico de enfermagem; P02 - Médico cirurgião; P03 - Médico residente; P04 - Médico residente; P05 - Enfermeiro; P06 - Profissional das técnicas radiológicas; P07 - Biombo; P08 - Anestesista; e, P09 – Porta entrada.  
Fonte: Autores, 2022.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA SALA E PROCEDIMENTOS DA CPRE

Verificou-se que a sala da CPRE possui entrada com acesso controlado, devidamente identificado com letreiros. Apresenta estrutura e espaço físico dentro do padrão exigido para trabalhar com fluoroscopia, com porta de acesso em duas folhas devidamente sinalizadas (ANVISA, 2022). Também, identificou-se um suporte fixo na parede com espaço para colocar os aventais e os protetores de tireoide, permitindo o armazenamento correto, em conformidade com a legislação (ABNT, 2020). Conta ainda com armários bem-dispostos, que permitem a plena circulação da equipe e maca para transporte de paciente em seu interior. Os armários são utilizados para armazenamento dos insumos e instrumentos utilizados durante os procedimentos. Um computador que é utilizado pelos médicos para laudo dos exames e pela enfermagem para registrar dados do paciente, informações dos procedimentos e material utilizado. Além da estrutura física, os equipamentos específicos utilizados durante os procedimentos de CPRE são listados no quadro 1.



Quadro 1 - Equipamentos para realização da CPRE.

EQUIPAMENTOS	FINALIDADE	MARCA	OPERADORES
Arco C	Equipamento de fluoroscopia portátil para emissão de radiação X e obtenção de imagens	PHILIPS BV VECTRA	Profissionais das técnicas radiológicas
Estação de imagem	Registro dos dados do paciente, pós processamento e armazenamento das imagens d fluoroscopia	PHILIPS BV VECTRA	Profissionais das técnicas radiológicas
Mesa de exame	Posicionamento do paciente. Radiotransparente e permite que a radiação X atravesse o corpo do paciente e chegue até o intensificador de imagem	MH100 - CDF	Profissionais das técnicas radiológicas
Duodenoscópio	Tubo flexível e iluminado, que possui uma câmera na lateral do aparelho	PHILIPS	médicos
Torre de endoscopia	Monitor que projeta as imagens endoscópica	NDS	médicos
Papilotomo	Secção cirúrgica da papila	WeM SS 501SX	médicos
Suporte ventilatório	Monitorização e oxigenação do paciente	FUJINOM	anestesista
Suporte anestésico	administração e monitorização da anestesia	WATO EX-35	anestesista
Monitor multiparamétrico	Monitorização dos os sinais vitais do paciente	ALFAMED	enfermagem

Fonte: Autores, 2021.

A CPRE é um procedimento para diagnosticar e tratar obstruções e outros distúrbios dos sistemas biliar e pancreático, realizado por gastroenterologistas. Porém, de acordo com Nunes (2021), por ser um exame de alta complexidade necessita de uma equipe multiprofissional com médico cirurgião, anestesista, enfermeira, técnico de enfermagem e profissionais das técnicas radiológicas (técnicos ou tecnólogos em radiologia). O serviço estudado conta com uma equipe multiprofissional exclusiva para atender na sala de CPRE.

Durante a CPRE, permanece na sala a equipe profissional e os médicos residentes. A CPRE começa com preparo da sala pela equipe da enfermagem. O profissional das técnicas radiológicas registra no sistema os dados do paciente e do procedimento. Com toda equipe presente na sala, o paciente é sedado e monitorado pelo médico anestesista. O médico cirurgião, com auxílio dos médicos residentes, utiliza a endoscopia e fluoroscopia simultaneamente para realizar a CPRE. O duodenoscópio é introduzido por via oral até o duodeno, local onde fica posicionada a papila duodenal, realiza-se a passagem do cateter e fio guia através do duodenoscópio para injeção de contraste nos ductos, e dependendo dos achados e do estado clínico do paciente, o médico cirurgião indica qual medida tomar, os procedimentos mais frequentes são descritos no quadro 2.



Quadro 2 - Procedimentos em CPRE realizados com auxílio da fluoroscopia.

PROCEDIMENTO	OBJETIVO	RAIOS X
CPRE diagnóstico	Examinar o fígado, vesícula biliar, vias biliares e o pâncreas.	Sim
Biópsia	Retirar amostras de tecido suspeito	Sim
Prótese	Facilitar a drenagem de bile ou suco pancreático.	Sim
Drenagem	Drenagem da bile, obstruções, cálculos ou tumores	Sim
Dilatação	Tratamento de estreitamentos dos ductos	Sim
Papilotomia	Retirada cirúrgica da papila	Sim
Cálculos	Remoção de cálculos, usando balão	Sim

Fonte: Autores, 2021.

Durante a CPRE, a fluoroscopia é utilizada para avaliar a anatomia, verificar a posição dos cateteres, fios guia e injeção de contraste iodado. Assim como descrito no estudo de Grigio (2020), geralmente se obtém registro radiográfico para documentar os achados, capturando algumas imagens. Em nosso estudo foi possível observar que o tempo médio para realização da CPRE varia em decorrência das condições gerais do paciente, da complexidade do procedimento, do andamento do trabalho do médico cirurgião e médicos residentes, da qualidade da imagem demonstrada pelo profissional das técnicas radiológicas, entre outros fatores. Durante a CPRE, a fluoroscopia também é utilizada para papilotomia, remoção de cálculos, biópsia ou citologia, colocação de próteses e dilatações (NUNES, 2021). E, de acordo com Kim et al. (2012), as doses de radiação são mais altas para procedimentos terapêuticos, porque são mais complexos e requerem mais tempo de fluoroscopia.

### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DAS VESTIMENTAS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA (VPRS)

Segundo Nunes (2021), a fluoroscopia é importante para execução da CPRE, concedendo uma observação de estruturas em tempo real. Apesar de apresentar vantagens, a fluoroscopia oferece exposição à radiação espalhada para integrantes da equipe profissional (LEYTON, et al., 2016). Dessa forma, as VPRs são utilizadas para minimizar a exposição dos profissionais, reduzindo os danos dos efeitos da radiação (ABNT, 2020).

O uso das VPRs nos serviços de fluoroscopia é eficaz de reduzir a exposição do indivíduo ocupacionalmente exposto. Sua utilização deve ser constante durante o acionamento dos raios X, e devem ter em quantidade disponível para toda equipe profissional e seguir os requisitos exigidos pela legislação vigente (BRANCO, 2013). A legislação recomenda que todo profissional exposto à radiação deve proteger-se da radiação espalhada durante procedimentos radiológicos usando vestimenta com atenuação igual ou superior a 0,25 mm de equivalência de chumbo (ANVISA, 2022a).

Ainda segundo Branco (2013), a eficiência das vestimentas depende de sua utilização correta e constante durante os procedimentos fluoroscópicos. Sendo assim, o presente estudo identificou as vestimentas disponíveis na sala de CPRE, suas características, que são apresentados no quadro 3.

Quadro 3 - Vestimentas de proteção radiológica no setor de CPRE.

VESTIMENTAS		AVENTAL	PROTETOR DE TIREOIDE	ÓCULOS
Quantidade		13	15	NI*
Armazenamento correto		sim	sim	NI
Etiqueta do Fabricante		sim	sim	NI
Equivalência de chumbo		0,50 mm	0,25 mm	NI
NBR 61331-3 e RDC 611	<b>Em conformidade</b>	10	09	NSA*
	<b>Não conformidade</b>	03	06	NSA*

\*NI = não identificado. \*NSA = não se aplica  
Fonte: Autores, 2021.

No presente estudo verificou-se conformidade para o armazenamento das VPRs (figura 3), onde o suporte para a guarda dos aventais atende às exigências de armazenamento indicado pela NBR IEC 61331-3 (ABNT, 2020). No entanto, identificou-se características em alguns aventais que denotavam não conformidade. Assim, foi realizado controle de qualidade, utilizando o próprio equipamento de fluoroscopia disponível na unidade, e identificado que alguns aventais e protetores de tireoide apresentavam descontinuidade ou dobras. Esses achados são demonstrados na (figura 4).

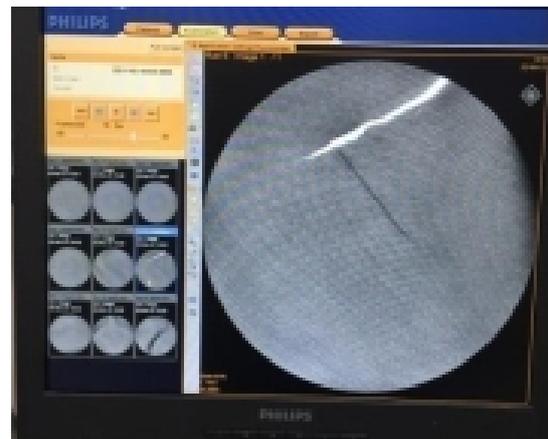
Não foram identificados uso dos óculos plumbíferos na sala de CPRE. Um estudo de Sebastião, Flôr e Anderson (2022) considerou insipiência de proteção radiológica pelos profissionais que não utilizavam óculos plumbíferos durante procedimentos com fluoroscopia. De fato, o cristalino é tido como um tecido radiosensíveis, cujo limite de dose equivalente não deve ultrapassar 20 mSv anual para profissionais expostos a radiação (CNEN, 2014).

Figura 3 - suporte para VPRs



Fonte: Autores, 2021.

Figura 4 - rachadura no avental



Fonte: Autores, 2021.

De acordo com o estudo de Pereira e Vergara (2015), existe resistência dos profissionais para utilizar as VPRs, devido ao desconforto, em função do peso. Já Santos (2014) observou que o uso das VPRs pode ocasionar dor lombar se usadas por tempo prolongado, bem como interferir na mobilidade durante o trabalho. No entanto, deve-se considerar que a não utilização das VPRs acarreta riscos para os profissionais expostos (KIM, 2018). Ainda, estudos décadas anteriores demonstraram que o uso das

VPRs com mínimo de 0,25 mm de equivalência de chumbo resulta na redução de cerca de 90% da exposição (SIMON, 2011; BUSHBERG et al.,1994; IAEA, [s.d]). Sendo assim, é necessário avaliar se o desconforto pode se constituir um fator para o não uso das VPRs pelos profissionais, e buscar opções mais leves e ergonomicamente mais favoráveis.

### 3.3 CARACTERIZAÇÃO DO ARCO C

O Arco C utilizado na sala da CPRE, tipo portátil, é composto pela coluna onde se encontra o tubo de raios X, com ânodo rotativo e alvo de rênio-tungstênio, angulação de 10°, ponto focal nominal de 0,5 e 1,5 mm, e intensificador de imagem com campos de 17, 23 e 31 cm, com filtragem do feixe de 3,0 mm Al e 0,1 mm Cu, operando numa faixa de 40 a 120 kVp, variando a corrente anódica de 0,1 a 12,0 mA no modo fluoroscopia e com corrente anódica fixa em 60 mA no modo radiografia, sua distância foco-intensificador de imagens fixa a 100 cm (figura 5).

Figura 5 – Detalhes do equipamento. (5A) Arco C, (5B) painel de operação, e (5C) estação de imagens.



Fonte: Autores, 2021.

Os Arcos C tornaram-se populares devido ao conceito de cirurgias minimamente invasivas. A desvantagem, no entanto, é um risco aumentado de exposição à radiação a equipe multiprofissional (COUTINHO, 2013; DOMINGOS, 2013). O Arco C disponível no local do estudo possui algumas inovações para redução de dose, como a fluoroscopia pulsada e os modos de exposição LDF e HDF (*do inglês low definition fluoroscopy e high definition fluoroscopy*), ou seja, fluoroscopia de baixa e alta definição, respectivamente. Para o modo LDF, o equipamento limita a taxa de dose máxima na saída do tubo de raios X em 100 mGy/min e para o modo HDF limita a dose em 200 mGy/min.

As imagens geradas pelo sistema fluoroscópico são visualizadas em um monitor de LCD, que oferece quatro valores de taxa de aquisição de imagens, dada em frames/segundo, que são 0, 3, 5 e 8f/s. O sistema permite selecionar o tipo de exame a ser realizado, com parâmetros pré-determinados,



para tórax, ortopédicos, abdominal, vascular e outros. O equipamento possui um medidor de Pka na saída do tubo de raios X, que consiste em uma câmara de ionização composta por duas placas radio transparentes paralelas acopladas a um eletrômetro, com a finalidade de medir a dose de radiação, sem interferir na realização do exame (BUSHONG, 2010; PARIZOTI, 2008). O sistema utilizado gera um histórico de dose para cada exame e cada paciente. O sistema fornece também a taxa de Kerma instantânea durante a exposição. A seguir são descritas outras características importantes do Arco C disponível no estudo:

- ✓ Dispositivo limitador de tempo de emissão de radiação – após 5 minutos;
- ✓ Sistema de restrição de radiação na área do receptor de imagem;
- ✓ Sistema de aviso sonoro em todos os acionamentos e de escopia;
- ✓ Sistema de acionamento de emissão de raios-x tipo pêra e pedal;
- ✓ Painel de informações em tempo real dos fatores elétricos kV, mA e mAs;
- ✓ Exibição de dose acumulada total e mGy.

### 3.4 TAXAS DE DOSE DA RADIAÇÃO ESPALHADA

De acordo com Venneri et al. (2009), para os profissionais da radiologia, a principal fonte de exposição aos raios X é a radiação espalhada do paciente, e não o feixe primário. Conforme já destacado anteriormente, na CPRE, as doses de radiação para operadores são altas, pois requerem maior tempo de exposição (ICRP, 2007; REHANI, 2010). No entanto, deve-se considerar que a duração da CPRE é variável, mas habitualmente não demora mais do que 60 minutos (GRIGIO, 2020).

Obviamente, a projeção do feixe de raios X e a técnica utilizada em um procedimento com fluoroscopia são fatores determinantes para o espalhamento da radiação em direção aos profissionais presentes no ambiente. Destaca-se que no presente estudo, a posição do conjunto tubo de raios X e intensificador de imagem permaneceu o mesmo durante todo o procedimento da CPRE, com tubo de raios X sob a mesa de procedimentos, a 0° em função da altura dos profissionais.

Os quadros 4 e 5 demonstram os valores de taxas de doses medidas com a câmara de ionização posicionada a 85 cm e 170 cm a partir do solo, nas posições usualmente adotadas pela equipe durante os procedimentos CPRE, e projeções de valores de doses de radiação espalhada a qual os profissionais ficam expostos em seus habituais postos de trabalho a cada 1 minuto, 1 hora e 30 horas. As posições P1, P2, P3 e P4 representam um profissional da enfermagem, o médico cirurgião e dois médicos residentes, respectivamente, que permanecem posicionados mais próximos do paciente durante toda CPRE, logo, mais expostos à radiação espalhada. Os médicos residentes quando realizam o procedimento se aproximam ainda mais do paciente, assumindo a posição do médico cirurgião (P2).



Quadro 4 – Medidas com altura da câmara de ionização a 170 cm a partir do solo.

Posição usualmente adotada pelos profissionais	Distância do isocentro espalhador (cm)	*Média da taxa de dose em $\mu\text{Gy/s}$	**Projeção de dose de radiação espalhada para 1 minuto de exposição ( $\mu\text{Gy}$ )	**Projeção de dose de radiação espalhada para 1 hora de exposição ( $\mu\text{Gy}$ )	**Projeção de dose de radiação espalhada para 30 horas de exposição (mGy)
P01	50	0,0140	0,84	50,4	1,512
P02	60	0,0097	0,582	34,90	1,047
P03	140	0,0018	0,096	6,48	0,194
P04	145	0,0015	0,090	5,40	0,162
P05	180	0,0009	0,054	3,24	#0,097
P06	200	0,0007	0,042	2,52	#0,075
P07	230	0,0005	0,030	1,80	#0,054
P08	250	0,0004	0,024	1,44	#0,043
P09	350	0,0001	0,006	0,36	#0,010

Legenda: P01 - Técnico de enfermagem; P02 - Médico cirurgião; P03 - Médico residente; P04 - Médico residente; P05 - Enfermeiro; P06 - Profissional das técnicas radiológicas; P07 - Biombo; P08 - Anestesiista; e, P09 – Porta entrada.

\*Taxa de dose obtida com câmara de ionização e Arco C operado no modo contínuo por 5 segundos.

\*\*Se manter as condições de distância, altura e ausência de barreiras.

#Valores abaixo do nível de registro do dosímetro individual de monitoração externa da dose de radiação absorvida pelos profissionais durante 1 mês de trabalho.

Fonte: Autores, 2022.

Nas medidas realizadas a 170 cm de altura a partir do solo, observa-se que nas posições P1, P2, P3 e P4 podem ocorrer as maiores doses de radiação espalhada. Estes resultados estão em conformidade com outros estudos de exposição radiológica em fluoroscopia (VENNERI et al., 2009; PALÁCIO et al., 2014; LESYUK, et al., 2016). Em nosso estudo, os resultados das taxas de doses permitem projetar que, para 30 horas de exposição, as doses de radiação espalhada nas posições P1, P2, P3 e P4 serão de 1,512; 1,047; 0,194 e, 0,162 mGy. Estes resultados podem auxiliar individualmente cada profissional da equipe de fluoroscopia vislumbrar valores de dose de radiação espalhada que poderá receber na região superior do corpo, por exemplo, ao longo de 1 mês de trabalho, caso não utilize corretamente as VPRs.

Na região superior do corpo encontramos a tireoide e o cristalino, que são órgãos mais radiossensíveis que pertencem a cabeça e pescoço, respectivamente. Segundo a literatura, utilizar o protetor de tireoide com atenuação igual ou superior a 0,25 mm de equivalência de chumbo, posicionado em volta do pescoço do profissional, diminui a dose de radiação recebida na região da tireoide, pelo menos, dez vezes (TILLY JUNIOR, 2010). Já sobre a exposição da região do cristalino, deve-se considerar que evidências epidemiológicas demonstraram efeitos tardios com limiar de dose de radiação menores daqueles considerados em décadas anteriores, sendo atualmente o limite de dose equivalente no cristalino de 20 mSv/ano (ICPR, 2011; CNEN, 2011). De acordo com o IRD (2017), ainda não exista um método de dosimetria ocupacional do cristalino certificado no Brasil. No entanto, com finalidade de proteção radiológica, deve-se considerar que os efeitos estocásticos da exposição a radiação X são proporcionais à dose efetiva registrada em dosímetro individual de monitoração mensal, que deve fornecer leituras decorrentes da exposição ocupacional (CNEN, 2014; ICRP, 2011).



O dosímetro de monitoração mensal deve ser utilizado na região mais expostas do corpo, na altura no tórax. No presente estudo, a projeção das doses de radiação espalhada nas posições P1, P2, P3 e P4 para 30 horas de exposição (1,512; 1,047; 0,194 e, 0,162 mGy) demonstram valores com nível de registro para monitoração individual mensal de indivíduos ocupacionalmente expostos. Segundo a CNEN (2014), o nível de registro para monitoração mensal da radiação externa recebida pelos trabalhadores ocupacionalmente expostos deve ser de 0,10 mSv para dose efetiva (considerando que a dose absorvida de 1 Gy proporciona uma dose equivalente de 1 Sv). Sendo assim, o dosímetro individual de monitoração mensal deve ser capaz de registrar todas as doses de radiação maiores ou iguais a 0,10 mGy.

Já nas posições de P5, P6, P7 e P8, as taxas de doses medidas a 170 cm de altura a partir do solo, permitem projetar que 30 horas de exposição proporcionará doses de radiação espalhada abaixo do nível de registro em dosímetro de monitoração mensal (0,097; 0,075; 0,054; 0,043 e 0,010 mGy). De acordo com a CNEN (2014), os valores menores que 0,1 mGy serão considerados abaixo do nível de registro e desconsideradas na obtenção da dose acumulada no período de 1 ano. No entanto, deve-se considerar que o relatório mensal de dose, cuja leitura indicou “abaixo do nível de registro” ou “radiação de *background*”, não significa que o profissional esteve isento da exposição à radiação durante o período de trabalho, tampouco, da probabilidade dos seus efeitos. A presença do agente físico nocivo à saúde, em nível de registro ou não pelo dosímetro de monitoração mensal, caracteriza insalubridade ocupacional em ambientes que utilizam equipamentos médicos emissores de radiação X (ANVISA, 2022b).

Estudos demonstram que as exposições radiológicas dos profissionais auxiliares nos procedimentos de fluoroscopia geralmente são mais baixas que dos profissionais médicos (SILVA, et al. 2006; ALMEIDA JÚNIOR et al. 2008). No presente estudo, também se evidenciou que as doses de radiação espalhada nas posições P5, P6, P7 e P8, relativas aos locais usualmente ocupados por profissionais da enfermagem, profissionais das técnicas radiológicas e médico anestesista durante o exame de CPRE são menores. Embora os resultados permitam projetar dose espalhada para 30 horas de exposição abaixo do nível de registro pelo dosímetro de monitoração mensal (abaixo de 0,1 mSv), deve-se considerar que toda exposição é cumulativa, sendo a utilização do dosímetro individual o recurso que pode monitorar as doses de radiação ocupacionalmente recebidas ao longo do tempo, e/ou em casos de exposição acidental (OKUNO, 2010; QURESHI, RAMPRASAD e DERYLO, 2022).



Quadro 5 – Medidas com altura da câmara de ionização a 85 cm a partir do solo.

Posição usualmente adotada pelos profissionais	Distância do isocentro espalhador (cm)	*Média da taxa de dose em $\mu\text{Gy/s}$	**Projeção de dose de radiação espalhada para 1 minuto de exposição ( $\mu\text{Gy}$ )	**Projeção de dose de radiação espalhada para 1 hora de exposição ( $\mu\text{Gy}$ )	**Projeção de dose de radiação espalhada para 30 horas de exposição (mGy)
P01	50	0,068	4,08	244,8	7,344
P02	60	0,047	2,82	169,2	5,076
P03	140	0,0086	0,516	30,96	0,928
P04	145	0,0081	0,486	29,16	0,874
P05	180	0,0051	0,306	18,36	0,550
P06	200	0,0042	0,252	15,20	0,453
P07	230	0,0033	0,198	11,88	0,356
P08	250	0,0026	0,156	9,36	0,280
P09	350	0,0006	0,036	2,16	#0,064

Legenda: P01 - Técnico de enfermagem; P02 - Médico cirurgião; P03 - Médico residente; P04 - Médico residente; P05 - Enfermeiro; P06 - Profissional das técnicas radiológicas; P07 - Biombo; P08 - Anestesiista; e, P09 – Porta entrada.

\*\*Taxa de dose obtida com câmara de ionização e Arco C operado no modo contínuo por 5 segundos.

\*\*Se manter as condições de distância, altura e ausência de barreiras;

#Valores abaixo do nível de registro do dosímetro individual de monitoração externa da dose de radiação absorvida pelos profissionais durante 1 mês de trabalho.

Fonte: Autores, 2022.

Já os resultados das medidas das taxas de doses realizadas a 85 cm de altura a partir do solo (ver quadro 5), permitem considerar nas posições de P1 a P8, todos os profissionais podem receber diferentes valores de doses de radiação espalhada, com nível de registro pelo dosímetro de monitoração mensal (7,344; 5,076; 0,928; 0,874; 0,550; 0,453; 0,356 e 0,280 mGy), em região próxima as gônadas.

Esses maiores valores nas taxas de doses a 85 cm de altura a partir do solo se deve ao fato da maior proximidade com o tubo de raios X, que se encontra sob a mesa no procedimento de CPRE. Estes resultados estão de acordo com outros estudos que mapearam a exposição de doses ocupacional em fluoroscopia (PALÁCIO et al., 2014; MEISINGER, 2016; BADAWY, HENELY-SMITH e HASMAT, 2023). O avental plumbífero é a VPR que deve ser utilizado para a proteção de corpo inteiro. No caso dos profissionais da CPRE, para proteger-se da radiação espalhada durante os procedimentos as VPRs devem proporcionar atenuação igual ou superior a 0,25 mm de equivalência de chumbo (ANVISA, 2022a).

As taxas de doses identificadas próximas à porta de entrada da sala de CPRE (P09), em ambas as alturas de 85 e 170 cm, indicam projeção abaixo do nível de registro em dosímetro de monitoração mensal para 30 horas de exposição (0,010 e 0,064 mGy, respectivamente). No entanto, visto haver previsão de exposição ocupacional, os profissionais devem adotar conduta favorável a proteção radiológica, tomando o cuidado de manter a porta fechada ao entrar e sair da sala de CPRE, e assim evitar exposição acidental. Ademais, enquanto ocorrer o acionamento da radiação deve haver sinalização luminosa no painel de controle do equipamento, bem como sinalização sonora quando operado no modo fluoroscopia (ANVISA, 2021).



Outrossim, é notório que o aumento na distância dos pontos correspondentes às usuais posições adotadas pelos profissionais na sala de fluoroscopia proporciona diminuição no valor da taxa de dose, corroborando com o princípio que os profissionais devem manter maior distância possível durante acionamento da fluoroscopia (IAEA, [s.d]). No entanto, nem sempre é possível aumentar a distância entre profissionais e o paciente (logo, com da fonte emissora de radiação X). Portanto, o uso das VPRs consiste na maneira eficaz de se reduzir a exposição ocupacional à radiação ionizante, proporcionando maior segurança à equipe multiprofissional que atua em fluoroscopia.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dado as características inerentes da fluoroscopia, mesmo que o serviço disponibilize todos os recursos e condições físicas favoráveis à proteção radiológica dos profissionais, deve-se promover ações de educação continuada para uso das VPRs e demais dispositivos de proteção radiológica pela equipe multiprofissional, e assim mitigar os riscos e efeitos causados pela exposição à radiação espalhada, proporcionando maior segurança ocupacional. Ressalta-se que as VPRs devem ser íntegras, em condições de pleno uso, sendo imperioso haver o controle de qualidade periódica para averiguação de possíveis discontinuidades, que possam levar à perda da sua eficiência de proteção radiológica.

As medições das taxas de doses possibilitaram projeções de valores de doses de radiação espalhada que os profissionais são expostos no decorrer do trabalho. Refletir sobre tais possibilidades de exposição à radiação em seus postos habituais postos de trabalho pode resultar em maior adesão ao uso das VPRs e dosímetro individual, bem como estimular a cultura de manter maior distância do tubo de raios X, o tanto quanto possível, durante o acionamento do equipamento de fluoroscopia.

Deve-se considerar que as medições das taxas de doses não tiveram por objetivo o levantamento radiométrico da unidade de fluoroscopia. No entanto, a projeção de valores de doses de radiação espalhada pode auxiliar na maior compreensão do fenômeno de espalhamento da radiação X na sala de fluoroscopia, sendo as doses de radiação absorvidas ocupacionalmente, registrada ou não em dosímetro monitor mensal, possuem efeitos cumulativos. Neste aspecto, deve haver treinamento dos profissionais para o uso regular das dosímetro individual, firmando a compreensão de que não existe exposição zero à radiação X. E, mesmo que o relatório mensal de doses apresente leitura “abaixo do nível de registro” ou “radiação de *background*” não significa que o profissional foi isento de exposição à radiação. Enfim, deve-se estimular nas instituições a cultura da proteção radiológica para que sejam cumpridas as legislações vigentes estabelecidas pelos órgãos reguladores.



## AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Física Radiológica (LAFIR) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA, e aos grupos de pesquisa GTECRAD/IFBA e GPAR/IFSC, pelo apoio e suporte ao estudo.



## REFERÊNCIAS

ALMEIDA JUNIOR, A. T., et al. Dose levels in medical staff at hemodynamics services in Minas Gerais State, Brazil - Preliminary results. **Radiation Measurements**. v.43, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2007.12.028>

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR IEC 61331-1: Dispositivo de proteção contra radiação-X para fins de diagnóstico médico parte 3: Vestimentas de proteção e dispositivos de proteção para gônadas. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 26 p.

ANVISA - Agência de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 611, de 9 de março de 2022. 2022a. Disponível em <https://in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-rdc-n-611-de-9-de-marco-de-2022-386107075>

ANVISA - Agência de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa SGP/SEGGG /ME nº 15, de 16 de março de 2022. 2022b. Estabelece orientações sobre a concessão dos adicionais de insalubridade, periculosidade, irradiação ionizante e gratificação por trabalhos com raios-X ou substâncias radioativas.

Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-sgp/seggg-/me-n-15-de-16-de-marco-de-2022-387970119>

ANVISA - Agência de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 91. Dispõe sobre requisitos sanitários para a garantia da qualidade e da segurança de sistemas de fluoroscopia e de radiologia intervencionista. 2021.

Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-91-de-27-de-maio-de-2021-323013723>

BADAWY, M. K.; HENELY-SMITH, E.; HASMAT, S. Radiation exposure to staff during fluoroscopic endoscopic procedures. **DEN open**. v.3, n.1, 2023.

<https://doi.org/10.1002/deo2.234>

BARBOSA, R.R, et al. Comparação do Tempo de Fluoroscopia Durante Cateterismo Cardíaco pelas Vias Radial e Femoral. **Rev Bras Cardiol Invasiva**. v.22, n.4, 2014.

<https://doi.org/10.1590/0104-1843000000057>

BRANCO, I. S. L. Avaliação da Taxa de Exposição em Exames Radiológicos Realizados em Procedimentos Cirúrgicos-Minimização dos Riscos em Indivíduos Ocupacionalmente Expostos. Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu, 2013. Disponível

em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/122956/000818582.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

BUSCH, U. Claims of priority - The scientific path to the discovery of X-rays. **Zeitschrift fur medizinische Physik**. v. 33, n.2, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.zemedi.2022.12.002>

BUSHBERG, J.T., et al. The essential physics of medical imaging. 3ª edição, 2011. Editora LWW, North American, 1994.

BUSHONG, S. Ciência Radiológica para Tecnólogos. 9a ed. Rio De Janeiro. Editora **Elsevier Ltda**. 2010.



CHANG, Y.J., et al. The radiation exposure of radiographer related to the location in C-arm fluoroscopy-guided pain interventions. **Korean J Pain**. v.27, n.2, 2014. <https://doi.org/10.3344/kjp.2014.27.2.162>

CBR - Colégio Brasileiro de Radiologia (CBR). Bases Físicas e Tecnológicas em Diagnóstico por Imagem. Disponível em: [https://cbr.org.br/wp-content/uploads/2023/03/BASES-FISICAS-E-TENOLOGICAS\\_CPR\\_CBR\\_2022\\_VERSA\\_O\\_CURSO\\_FM-1.pdf](https://cbr.org.br/wp-content/uploads/2023/03/BASES-FISICAS-E-TENOLOGICAS_CPR_CBR_2022_VERSA_O_CURSO_FM-1.pdf)

COUTINHO, José G. M. Débito de Dose e Qualidade da Imagem em Fluoroscopia. 2013. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2013.

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear. NN 3.01 – Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica. 2014. Disponível em: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf>

DIMENSTEIN R. H. M. M. Manual de proteção radiológica aplicada ao radiodiagnóstico. 4a edição. Editora **Senac SP**, São Paulo, 2013.

DISANTIS, D. Early American Radiology: The Pioneer Years. **American Journal of Radiology**. v.147, 2014. Disponível em: <http://www.ajronline.org/doi/pdf/10.2214/ajr.147.4.850>

DOMINGOS, L. H. Avaliação e otimização da dose por procedimento e da dose ocupacional em cirurgias ortopédicas. 2013. Dissertação de mestrado. Escola Superior de Tecnologia de Saúde de Coimbra. Disponível em: <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/15518>

GRIGIO, A.F., et al. Análise de itens de proteção radiológica de uma sala de Colangiopancreatografia Retrógrada Endoscópica segundo a RDC N°330/19. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso. 2020. Instituto de Física, UFU. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/30289/1/An%c3%a1liseItensProte%c3%a7ao.pdf>

HOWELL, J.D. Early clinical use of the x-ray. **Trans Am Clin Climatol Assoc**. v.127, pg. 341-349, 2016. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5216491/>

IAEA - Agência Internacional de Energia Atômica. 10 Recomendações para a proteção do staff em fluoroscopia. [s.d.] disponível em: <https://www.iaea.org/sites/default/files/documents/rpop/poster-staff-radiation-protection-pt.pdf>

ICRP - International Commission on Radiological Protection. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. **Ann ICRP**. 2007. v.37, pg. 1–332. <https://doi.org/10.1016/j.icrp.2007.10.003>

ICRP – International Commission on Radiological Protection. Statement on Tissue Reactions. Ref. 4825-3093-1464, 2011. Disponível em: <http://www.icrp.org/page.asp?id=123>.

IRD - Instituto de Radioproteção e Dosimetria. Laboratórios Certificados para Prestação de Serviço de Monitoração Individual Externa. Rio de Janeiro. 2017. Disponível em: <http://www.ird.gov.br/index.php/casec>.

KIM, J.H. Three principles for radiation safety: time, distance, and shielding. **Korean J Pain**. v.31, n.3, pg.145-146, 2018. <https://doi.org/10.3344/kjp.2018.31.3.145>.



KIM, K.P., et al. Occupational Radiation Doses to Operators Performing Fluoroscopically-Guided Procedures. **Health Physics**. v. 103, n. 1, p. 80-99, 2012. <https://doi.org/10.1097/hp.0b013e31824dae76>

LEYTON, F., et al. Correlation between scatter radiation dose at height of operator's eye and dose to patient for different angiographic projections. **Appl Radiat Isot**. v.117, pg.100-105. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2016.01.013>

MEISINGER, Q. C. et al. Radiation Protection for the Fluoroscopy Operator and Staff. **AJR. American journal of roentgenology**. v. 207, n. 4, pg.745–754, 2017. <https://doi.org/10.2214/AJR.16.16556>

MONÇÃO, M. M., et al. Análise curricular dos cursos superiores de tecnologia em radiologia de instituições públicas federais no Brasil. **Rev Bras da Edu Prof e Tecn**. v. 1, n. 22, 2022. <https://doi.org/10.15628/rbept.2022.11699>.

MOORES, B.M. A review of the fundamental Principles of radiation protection when applied to the patient in diagnostic radiology. **Radiat.Prot.Dosimetry**. v.175, n.1, pg.1-9. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncw259>

MOREIRA, J. Radiobiologia: efeito das radiações ionizantes na célula e formas de proteção das radiações ionizantes. 2011. Dissertação de mestrado. Universidade da Beira Interior. Disponível em: <https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/987/1/Disserta%20a7%20a3o%20Mestrado%20Final%20Jo%20Moreira.pdf>

NAVARRO, M.V.T. Risco, radiodiagnóstico e vigilância sanitária. 1ª edição. Editora **EDUFBA**. pp. 77-84, 2009.

NUNES, T.F., et al. Soluções percutâneas para próteses biliares disfuncionamentos: ensaio iconográfico. **Radiol Bras**. v.54, n.1, 2022. <https://doi.org/10.1590/0100-3984.2019.0141>

OKUNO, E.; YOSHIMURA, E.Y. 1ª edição, Editora **Oficina de Textos**, São Paulo, 2010.

OKUNO, E. Efeitos biológicos das radiações ionizantes: acidente radiológico de Goiânia. **Estudos Avançados**. v. 27, n. 77, p. 185-200, 2013. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/53961>.

PALÁCIO, E. P., et al. Exposure of the surgical team to ionizing radiation during orthopedic surgical procedures. **Revista Brasileira De Ortopedia**. v.49, n.3, pg. 227–232, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.rboe.2014.04.008>

PEREIRA, A.; VERGARA, L. Aspectos ergonômicos da vestimenta de proteção radiológica. In: X Congresso Regional Latinoamericano IRPA de Protección y Seguridad Radiológica, 2015, Buenos Aires. Disponível em: [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/48/074/48074679.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/48/074/48074679.pdf)

QURESHI, F.; RAMPRASAD, A.; DERYLO, B. Radiation Monitoring Using Personal Dosimeter Devices in Terms of Long-Term Compliance and Creating a Culture of Safety. **Cureus**. v.14, n.8, 2022. <https://doi.org/10.7759/cureus.27999>

REHANI, M.M., et al. Radiological Protection in Fluoroscopically Guided Procedures Performed Outside the Imaging Department. **Annals of the ICRP**. v.40, n.6, pg.1-102, 2010. <https://doi.org/doi:10.1016/j.icrp.2012.03.001>



SANTOS, A.I.S. Usabilidade dos equipamentos de protecção individual radiológica: pesquisa com técnicos e enfermeiros do CHLC. Dissertação de mestrado, 2021. Universidade de Lisboa, Faculdade de Motricidade Humana. Disponível em:

<https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/6911/1/Universidade%20de%20Lisboa%202021%20Maio%20final.pdf>

SEBASTIÃO, L.M; FLÔR, R.C.; ANDERSON, T.J. The practice of radiation protection in an interventional neuroradiology service. **Rev Bras Med Trab.** v.20, n.3, pg.430–437, 2022. <https://doi.org/10.47626/1679-4435-2022-748>

SILVA, J. S., et al. Processo de trabalho em uma unidade de radiologia computadorizada: relato de experiência. **Rev Bras da Edu Prof e Tecn.** v. 2, n. 22, 2022. <https://doi.org/10.15628/rbept.2022.11450>.

SIMON S. L. Organ-specific external dose coefficients and protective apron transmission factors for historical dose reconstruction for medical personnel. **Health physics.** v.101, n.1, pg.13–27, 2011. <https://doi.org/10.1097/HP.0b013e318204a60a>

SCATLIFF, J.H.; MORRIS, P.J. From Roentgen to magnetic resonance imaging: the history of medical imaging. **N C Med J.** v.75, n.2, pg.111-113, 2014. <https://doi.org/10.18043/ncm.75.2.111>

THOMAS, A.M.K., BANERJEE, A.K. The History of Radiology. Oxford University Press. ISBN: 978-0-19-963997-7. **Radiology.** v.271, n.3, 2014. <https://doi:10.1148/radiol.14144013>

TILLY JÚNIOR, J.G. Física Radiológica. Rio de Janeiro, Ed. Guanabara. 2010

VANZANT, D.; MUKHDOMI J. Safety of Fluoroscopy in Patient, Operator, and Technician. Treasure Island (FL): **StatPearls Publishing.** 2023. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK570567/>

VENNERI L, et al. Cancer risk from professional exposure in staff working in cardiac catheterization laboratory: insights from the National Research Council's biological effects of ionizing radiation VII report. **Am. Heart J.** v.157, 2009. <http://www.ahajournals.org/doi/10.1177/0885066609345111>