

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE FÍSICA
GRADUAÇÃO EM FÍSICA MÉDICA

ALAINE FERREIRA GRIGIO

**ANÁLISE DE ITENS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA DE UMA SALA DE
COLANGIOPANCREATOGRÁFIA RETRÓGRADA ENDOSCÓPICA SEGUNDO A
RDC Nº 330/19**

UBERLÂNDIA
OUTUBRO DE 2020

ALAINE FERREIRA GRIGIO

**ANÁLISE DE ITENS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA DE UMA SALA DE
COLANGIOPANCREATOGRÁFIA RETRÓGRADA ENDOSCÓPICA SEGUNDO A
RDC Nº 330/19**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de Física da
Universidade Federal de Uberlândia como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Física Médica.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Paula Perini

**UBERLÂNDIA
OUTUBRO DE 2020**

ALAINE FERREIRA GRIGIO

**Análise de itens de proteção radiológica de uma sala de Colangiopancreatografia
Retrógrada Endoscópica segundo a RDC nº 330/19**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de Física da
Universidade Federal de Uberlândia como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Física Médica.

Banca de Avaliação:

Profa. Dra. Ana Paula Perini – UFU
Orientadora

Prof. Dr. William de Souza Santos
Membro

Física Médica Especialista Cintia de Almeida Ribeiro
Membro

Uberlândia (MG), 02 de Outubro de 2020.

AGRADECIMENTOS

Sempre duvidei que chegaria até aqui, e quando a esperança adentrava o meu coração, eu sabia que era Deus me dando forças para não desistir. Se hoje, estou prestes a me formar, não foi sorte, foi mérito meu e a graça abundante de Deus. Então, agradeço a Deus pelos desafios e conquistas que fizeram parte do meu percurso e por eu estar aqui.

Agradeço aos meus pais, Neide e Percio. Foram eles que se sacrificaram de tantas maneiras para que eu chegasse aqui, me apoiaram e rezaram por mim, e eu jamais conseguirei retribuir, eu amo vocês. Minhas irmãs, Aline e Anelise, eu agradeço pelo companheirismo e apoio.

Ao meu noivo Gabriel, por todo conselho, incentivo nos meus estudos e pelo carinho e cuidado por mim e pelos meus sonhos. Deus cuida de nós.

Aos meus Professores Ana Paula Perini e Lucio Pereira Neves, por terem me acolhido, acreditado em mim, por me proporcionarem oportunidades e experiências de conhecimento de diversas maneiras e, por me ensinarem tanto quanto sobre a profissão, mas, também sobre a vida.

Às minhas amigas da igreja, Maria Júlia, Ana Paula e Jennyffer pelo incentivo e oração. E aos meus amigos e amigas da graduação, por toda parceria e pelos inúmeros momentos divertidos, Ana Luiza, Samara, Mykaelle, Cássia, Maria Luiza, Igor e Éder. Obrigada pelo apoio, pelas horas de estudo compartilhadas e pela torcida, sem a companhia diária de vocês eu não conseguiria.

Agradeço à Universidade Federal de Uberlândia.

Agradeço as agências de fomento Brasileiras: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG, Projetos No. APQ-03049-15 e APQ-02934-15) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Projetos Nos. 421603/2016-0 e 420699/2016-3).

Enfim, agradeço a Deus pela vida de todas essas pessoas e tantas outras que indiretamente me auxiliaram no caminho até aqui, porque com toda minha fé posso dizer, vocês foram os braços, os pés, a cabeça, a presença física de Deus na minha vida. Deus abençoe vocês.

RESUMO

Com a descoberta dos Raios-X por Röntgen, não levou muito tempo para que a radiação X saísse dos laboratórios de física para o ambiente hospitalar, onde a aplicação da radiação ionizante na área da medicina avançou consideravelmente, criando áreas como a Radiologia Intervencionista. A Radiologia Intervencionista abrange procedimentos de diagnóstico e tratamento, por vezes bastante complexos, de maneira minimamente invasiva, diminuindo riscos de infecção, tempo de internação, além de permitir uma recuperação rápida para o paciente e, também um menor custo hospitalar. Porém, procedimentos nessa área do radiodiagnóstico, envolvem altas doses de radiação recebidas pelos pacientes e profissionais (diariamente são expostos à radiação X). Por isso, se faz necessário o emprego de medidas de radioproteção com a finalidade de minimizar as doses recebidas nesses procedimentos. Essas medidas são estabelecidas pela RDC nº 330/19, que engloba o uso e armazenamento correto de equipamentos de proteção radiológica coletiva e individual, além de requisitos organizacionais e estruturais. São por meio dessas medidas que as doses recebidas pelos indivíduos ocupacionalmente expostos podem ser minimizadas, como também, diminuir os riscos de danos biológicos. Neste trabalho, foi avaliado se uma sala de Colangiopancreatografia Retrógrada Endoscópica obedecia aos itens de proteção radiológica apresentados na RDC nº 330 de 2019. Ao analisar 11 itens da RDC nº 330/19, verificou-se que 9 entre os 11 itens avaliados estavam de acordo com a nova resolução.

Palavras-chaves: Colangiopancreatografia retrógrada endoscópica, equipamentos de proteção radiológica, RDC nº 330/19.

ABSTRACT

With the discovery of X-rays by Röntgen, it did not take long for X radiation to go from physics laboratories to the hospital environment, where the application of ionizing radiation in the medical field has advanced considerably, creating areas such as Interventional Radiology. Interventional Radiology covers diagnostic and treatment procedures, which are sometimes quite complex, in a minimally invasive way, reducing the risk of infection and hospital stay. In addition, it allows a short recovery time for the patient, thus decreasing the hospital cost. However, procedures in this area of diagnostic radiology involve high radiation doses received by patients and professionals (daily exposed to X radiation). Therefore, it is necessary to use radiation protection measures in order to minimize the doses received in these procedures. These measures are established by RDC n° 330/19, which includes the correct use and storage of collective and individual equipment for radiation protection, in addition to organizational and structural requirements. It is through these measures that the doses received by occupationally exposed individuals can be minimized. Moreover, it also decreases the risks of biological damage. In this study, it was evaluated whether an endoscopic retrograde cholangiopancreatography room complies with the radiological protection items presented in the RDC n° 330/19. When analyzing 11 items of the RDC n° 330/19, it was found that 9 of the 11 items evaluated were in agreement with the new resolution.

Keywords: Endoscopic Retrograde Cholangiopancreatography, radiation protection equipment, RDC n° 330/19.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Esquema simplificado de uma ampola de Raios-X, onde uma tensão é aplicada no tubo e os elétrons produzidos no cátodo são acelerados colidindo com o ânodo (alvo), emitindo Raios-X. Fonte: [OKUNO e YOSHIMURA, 2010].4
- Figura 2:** (A) Gráfico relacionando a intensidade relativa da radiação de freamento com o comprimento de onda para três valores de tensões distintas em um tubo com o alvo de tungstênio. (B) Processo de produção da radiação de freamento. Fonte: [OKUNO e YOSHIMURA, 2010].5
- Figura 3:** Ilustração do Efeito Compton. Fonte: [MORGON, 2008].7
- Figura 4:** Cabine de comando ou biombo do técnico e o painel de controle do equipamento de raios-X com o botão de emergência. Fonte: Própria autora. 14
- Figura 5:** Quadro de avisos no interior da sala, cumprindo as exigências I, III e V Art.53 da RDC MS/ANVISA nº 330. Fonte: Própria autora. 15
- Figura 6:** Foto da sala de CPRE com um equipamento de Raios-X na sala, como estabelecido no item I do Art.81 da RDC MS/ANVISA nº 330. Fonte: Própria autora. 16
- Figura 7:** Aventais de chumbo disponíveis na sala do procedimento de CPRE e corretamente armazenados como aconselhado pela RDC MS/ANVISA nº 330. Fonte: Própria autora..... 17
- Figura 8:** Porta externa da sala de CPRE com o símbolo internacional da radiação ionizante e com as advertências exigidas pela RDC MS/ANVISA nº 330. Fonte: Própria autora..... 18

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Análise dos requisitos da RDC MS/ANVISA nº330 de 20 de Dezembro de 2019, de uma sala de CPRE [MS/ANVISA, 2019].....	12
--	----

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivos.....	2
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	3
2.1. Radiologia Intervencionista	3
2.2. Técnica de Fluoroscopia.....	3
2.3. Produção de Raios X	4
2.3.1. Radiação de Freamento	4
2.3.2. Radiação Característica.....	5
2.4. Interação da Radiação X com a matéria.....	6
2.4.1. Espalhamento Coerente ou Efeito Rayleigh.....	6
2.4.2. Efeito Compton.....	6
2.4.3. Efeito Fotoelétrico	7
2.5. Radiação Espalhada	7
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	9
3.1. Resolução da Diretoria Colegiada RDC MS/ANVISA nº 330 de 20 de Dezembro de 2019 ..	9
3.2. Equipamentos de proteção radiológica individual	10
3.3. Equipamentos de Proteção Adicional requeridos em uma sala de Radiologia Intervencionista	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
5. CONCLUSÃO	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

1. INTRODUÇÃO

No decorrer de estudos sobre os raios catódicos, em 1895, Wilhelm Conrad Röntgen, um cientista alemão, durante seu experimento com uma placa de platinocianeto de bário e tubos de vácuo, notou que algo saía do tubo e, ao atingir a placa composta por esse material fluorescente, a mesma reluzia. Röntgen colocou diferentes barreiras entre o tubo e a placa, mas, mesmo assim, o fenômeno ocorria. Como isso não era o foco de estudo do cientista no momento, ele denominou esse fenômeno de “Raios-X”, justamente se referindo a algo desconhecido, que voltaria a ser estudado pelo cientista em um momento futuro [MARTINS, 1998].

Posteriormente, a produção de Raios-X foi estudada por Röntgen durante várias semanas, e, assim, ele obteve mais informações sobre o fenômeno, como suas propriedades e poder de penetração. O cientista percebeu que os Raios-X eram capazes de atravessar grandes espessuras, principalmente de materiais de baixa densidade. Durante seus estudos, ele verificou que a radiação X marcava a chapa fotográfica e, utilizando a mão de sua esposa, Bertha, foi possível ver seus ossos e anéis. Esta é considerada a primeira radiografia da história. Com as informações verificadas e as radiografias adquiridas, Röntgen escreveu vários trabalhos e, pela descoberta dos Raios-X, ele ganhou um Prêmio Nobel em 1901 [MARTINS, 1997].

A descoberta dos Raios-X por Röntgen chamou a atenção não somente de cientistas da época, como também do público em geral, interessado principalmente na aplicação desse fenômeno. Entre estas diferentes aplicações, a que chamou mais a atenção da população foi a sua aplicação na área da saúde, devido ser possível utilizar os Raios-X para fins de diagnóstico, que passaria a ser feito de maneira menos invasiva. Assim sendo, a radiação X foi cada vez mais utilizada em ambientes hospitalares, dando origem a área do radiodiagnóstico. Porém, até então, não havia plena consciência de que o uso desenfreado dos Raios-X, sem as devidas proteções, poderia levar a graves danos biológicos [MARTINS, 1997].

Por meio do radiodiagnóstico, começou o uso da radiação X, não só para exames de imagem, mas também para terapias, dando origem a uma subárea do radiodiagnóstico chamada Radiologia Intervencionista [CANEVARO, 2009]. A Radiologia Intervencionista envolve procedimentos de diagnóstico e tratamento de doenças por meio da radiação X de maneira minimamente invasiva. Neste tipo de procedimento, utiliza-se algum tipo de anestesia, e com o uso de imagens fluoroscópicas, detecta e/ou trata lesões [ICRP, 2000]. Dessa forma, é possível diminuir o tempo de internação do paciente, diminuindo os riscos de infecções e obtendo uma recuperação rápida e eficaz [LUZ, 2004].

São exemplos de procedimentos da radiologia intervencionista, cateterismo, angiografia, entre outros. Entre os mais variados procedimentos tem-se a Colangiopancreatografia Retrógrada Endoscópica (CPRE, ou relativo ao inglês, *Endoscopic Retrograde Cholangiopancreatography*, ERCP), que utilizando da técnica de fluoroscopia, faz o diagnóstico e trata lesões no pâncreas, bile e/ou ducto biliar [SON *et al.*, 2011]. Segundo o DATASUS, ferramenta online de estatísticas do Sistema Único de Saúde (SUS), o procedimento de CPRE foi aprovado para execução 5014 vezes em 2010 e em 2015, 7093 vezes [DATASUS, 2020]. Assim, pode-se observar o quanto a indicação para execução desse tipo de procedimento tem crescido nos últimos anos.

Devido ao aumento na procura para realização da CPRE, e observando que para a execução desse procedimento se faz necessário uma equipe de profissionais exposta à radiação ionizante (Indivíduos Ocupacionalmente Expostos – IOE), deve-se dar maior atenção à dose recebida por esses profissionais durante a CPRE, para então avaliar e evitar os danos que podem ocorrer pela exposição diária aos Raios-X [SULIEMAN *et al.*, 2011].

Para diminuir a ocorrência de altas doses e possíveis danos à saúde do paciente e IOE, deve-se aplicar as medidas de radioproteção, como, também, utilizar os equipamentos de proteção individual (EPI) e equipamentos de proteção coletiva (EPC) para barrar a radiação ionizante [SOARES *et al.*, 2011]. Para isso, hospitais e clínicas, que fazem uso da radiação ionizante em benefício da saúde, devem seguir as diretrizes estabelecidas pelo Ministério da Saúde (MS) por meio da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), conforme descrito na RDC nº330 de 20 de dezembro de 2019. Essa RDC inclui além do uso obrigatório de EPI e EPC, as exigências sobre a instalação e infraestrutura das salas onde ocorrem os procedimentos com radiação ionizante, e, também, regras para controle das doses a partir dos dosímetros [MS/ANVISA, 2019].

Entre os Equipamentos de Proteção Individual, existem os aventais de chumbo, protetores de tireoide e gônadas, e óculos plumbíferos. No que se refere aos Equipamentos de Proteção Coletiva, tem-se os biombo, cortinas de chumbo, vidros plumbíferos suspensos, entre outros. Todos os equipamentos de radioproteção, sejam coletivos ou individuais, devem passar por testes regulares para que seja comprovado o bom estado do mesmo e eficiência na blindagem [JUNIOR *et al.*, 2010].

Em estudos apresentados na literatura é possível ver com clareza, o quanto a utilização de equipamentos de proteção coletiva e individual diminui as doses, sem prejudicar a qualidade do tratamento ou da imagem. Por exemplo, nos membros inferiores de um IOE, que fica próximo do paciente durante um procedimento de radiologia intervencionista, com a utilização de EPI e EPC de forma correta, a redução na dose recebida é de 65% em relação a não utilização de nenhum EPI e EPC [SYNOWITZ *et al.*, 2006].

Assim, é muito importante que o hospital ou clínica que empregam radiações ionizantes cumpram as regras estabelecidas pela RDC nº330, pois, assim, está assegurado que nem o IOE, nem o paciente e nem o público geral corra o risco de receber doses elevadas de radiação, que podem provocar danos à sua saúde [MS/ANVISA, 2019].

1.1. Objetivos

Com base no uso seguro da radiação X na radiologia intervencionista em procedimentos minimamente invasivos, como a Colangiopancreatografia Retrógrada Endoscópica, este trabalho tem como objetivo avaliar alguns itens de proteção radiológica, como a existência do quadro de avisos, símbolos, alertas, existência de apenas um equipamento de Raios-X por sala e seus respectivos equipamentos de proteção individual, em uma sala onde ocorre este procedimento, em um hospital público, segundo os requisitos obrigatórios contidos na RDC nº 330 [MS/ANVISA, 2019]. Esta resolução, proposta pelo Ministério da saúde, visa o uso resguardado da radiação ionizante, por meio de diretrizes que englobam instalações e equipamentos de proteção radiológica individual e coletiva.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Radiologia Intervencionista

A Radiologia Intervencionista é uma área que abrange procedimentos complexos, porém, realizados da forma menos invasiva possível, utilizando anestesia local ou outro tipo de sedação, onde por meio da utilização de Raios-X, é possível obter imagens fluoroscópicas para encontrar lesões ou monitorar o procedimento executado [ICRP, 2000].

Sendo assim, a radiologia intervencionista tem como vantagem realizar procedimentos de alta complexidade e, ao mesmo tempo, com mínimo risco de vida ao paciente, diminuição do tempo de internação e recuperação do paciente, além da redução dos custos hospitalares. Estas vantagens estão fazendo com que a busca por tratamentos ou exames utilizando essas técnicas sejam cada vez mais procurados [LUZ, 2004].

Porém, esta técnica de radiodiagnóstico tem como desvantagem a alta dose recebida pelo paciente e pelos profissionais envolvidos, devido ao elevado tempo de exposição e ao grande número de imagens obtidas, podendo ter ainda, como consequência, lesões teciduais, que são comuns na área da Cardiologia Intervencionista [DA SILVA, 2004; BERNARDI *et al.*, 2008]. A alta dose recebida pelo profissional se deve principalmente à proximidade deste ao tubo de Raios X e, também, da proximidade ao paciente, que é o centro espalhador da radiação [TRIANNI *et al.*, 2006].

Devido às desvantagens existentes, se faz necessário uma atenção focada ao IOE, devido sua exposição diária à radiação. Segundo SOARES *et al.*, (2003) e SOARES, (2006), profissionais que participam de execuções de procedimentos na área de radiologia intervencionista, devido à exposição a altas doses de radiação, tiveram algumas reações teciduais como catarata e epilação de extremidades. Esse risco aos profissionais se torna mais proeminente, devido ao fato destes não terem, muitas vezes, uma formação adequada, sobre os princípios e medidas de radioproteção, o que pode colocar em risco sua qualidade de vida. Com uma formação adequada sobre radioproteção, os profissionais tomariam medidas que diminuiriam a dose recebida por eles e, conseqüentemente, a do paciente sujeito a um determinado procedimento [CANEVARO, 2009].

2.2. Técnica de Fluoroscopia

Em 1896, foi construído por Thomas Edison o primeiro fluoroscópio, após descobrir a característica de fluorescência do tungstato de cálcio [DURÁN, 2003]. A ideia principal da técnica de fluoroscopia é adquirir imagens em tempo real, proporcionando assim observar estruturas anatômicas ou objetos em movimento. Por vezes na fluoroscopia é utilizado algum tipo de contraste para evidenciar a estrutura observada, como, por exemplo, na angiografia, onde o contraste é utilizado para melhor visualização dos vasos sanguíneos [BUSHONG, 2007].

É interessante fazer a comparação da utilização da técnica de fluoroscopia com o uso de Raios-X convencional, onde o último procedimento, diferentemente do primeiro, é possível obter apenas uma imagem por vez. Outra diferença é o tempo que dura cada procedimento, o tempo de fluoroscopia é muito maior que de um exame de Raios-X convencional [BUSHONG, 2007].

2.3. Produção de Raios X

Os Raios-X são ondas eletromagnéticas que se propagam em diferentes meios, inclusive no vácuo [SOARES *et al.*, 2003]. Assim sendo, é possível ver na Figura 1, que em um tubo de Raios-X, ao aquecer o filamento, elétrons são acelerados e emitidos atingindo um alvo, geralmente composto por um material metálico de alto ponto de fusão. Nesta colisão, são emitidos fótons de diferentes energias/frequências, que podem estar na faixa do infravermelho (calor), radiação ultravioleta, luz visível ou radiação X. Esta última tem frequência de 10^{18} a 10^{20} Hz e, se comporta como partícula e onda [SOARES *et al.*, 2003].

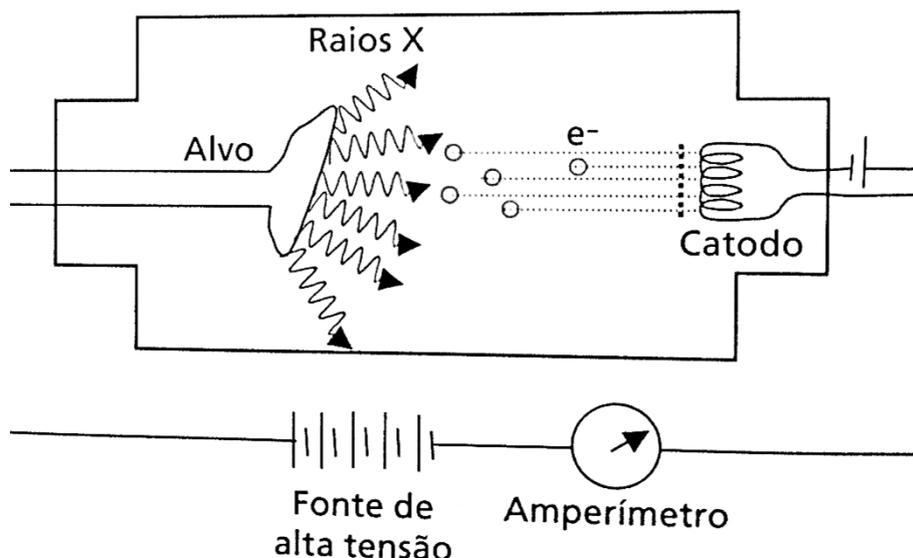


Figura 1: Esquema simplificado de uma ampola de Raios-X, onde uma tensão é aplicada no tubo e os elétrons produzidos no cátodo são acelerados colidindo com o ânodo (alvo), emitindo Raios-X. Fonte: [OKUNO e YOSHIMURA, 2010].

Quando uma quantidade de elétrons com energia cinética apropriada colide com o alvo, acontece a produção de Raios-X. Os elétrons emitidos podem interagir com os átomos do material metálico do alvo de diferentes formas, como sofrer um desvio em sua trajetória, exercer interação com o núcleo do átomo ou com o elétron do átomo. Assim sendo, a produção de Raios-X pode se dar por dois métodos principais, a radiação de freamento e a radiação característica [SOARES, 2006].

2.3.1. Radiação de Freamento

A radiação de freamento ou do alemão, *bremsstrahlung*, acontece quando elétrons emitidos passam próximo do núcleo do átomo do alvo, e são desacelerados devido à atração existente, em consequência do campo coulombiano do núcleo [SOARES *et al.*, 2003]. A produção de um fóton de freamento pode ser melhor compreendida na Figura 2B. Os elétrons que passam próximo ao núcleo do átomo do alvo perdem sua energia cinética gradativamente, emitindo fótons com energias máximas cada vez menores. Dessa forma, é obtido um espectro contínuo como é possível ver na Figura 2A. Observando a Figura 2A, pode-se concluir que, com o aumento da tensão, aumenta também a capacidade de produção de Raios-X, e que o comprimento de onda é inversamente proporcional à tensão. Sendo assim, a energia pode ter qualquer valor variando de zero até o valor de energia máxima do elétron, dependendo do grau de aproximação do elétron ao núcleo e da sua energia cinética [OKUNO e YOSHIMURA, 2010].

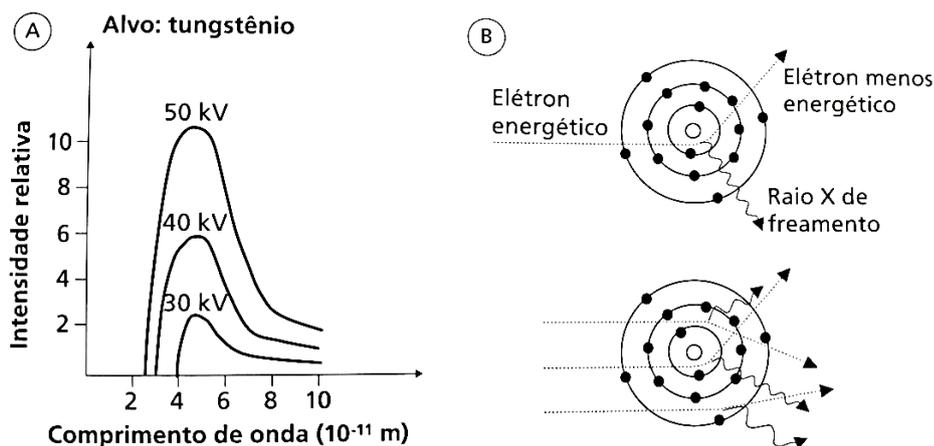


Figura 2: (A) Gráfico relacionando a intensidade relativa da radiação de freamento com o comprimento de onda para três valores de tensões distintas em um tubo com o alvo de tungstênio. (B) Processo de produção da radiação de freamento. Fonte: [OKUNO e YOSHIMURA, 2010].

2.3.2. Radiação Característica

A radiação característica ocorre simultaneamente com a radiação de freamento, porém, diferentemente da radiação de freamento, que tem quaisquer valores de energia e independe do material do alvo, e no que se refere à radiação característica depende do material do alvo e tem energias bem definidas, tendo assim, um espectro de energia discreto. Por isso, é muito utilizada em técnicas de caracterização de materiais e recebe o nome de radiação característica [OKUNO e YOSHIMURA, 2010].

Essa radiação dá-se quando o elétron emitido consegue ionizar o átomo, arrancando um elétron de uma das camadas, formando assim, uma vacância que é preenchida por outro elétron de uma camada mais externa. O excesso de energia é convertido em um fóton de Raios-X. Para que ocorra esse salto, o elétron incidente deve ter uma energia maior ou igual a energia de ligação do elétron ligado na órbita daquele material do alvo. Quando o elétron atingido é de uma camada mais externa, acontece apenas uma ionização e os dois elétrons deixam o átomo e não fazem parte do espectro contínuo. Agora quando o elétron atingido é da camada mais interna, as lacunas dos elétrons vão sendo preenchidas por elétrons de camadas mais externas, ocorrendo assim uma cascata de preenchimentos de lacunas até o equilíbrio daquele átomo ser atingido, emitindo, também, uma cascata de fótons de energias bem definidas [SOARES, 2006].

É importante lembrar que a energia de ligação do elétron depende do número atômico do material do alvo, e que o elétron responsável pelo salto quântico, que emite o fóton, não é o elétron emitido, nem o elétron atingido e sim um terceiro elétron que preenche a lacuna do elétron atingido. A energia do fóton é dada pela diferença das energias nos orbitais envolvidos. Por exemplo, se o elétron atingido é da camada mais interna K, portanto, o elétron que irá preencher a vacância será o elétron da camada mais externa L, sendo a energia do fóton dada pela equação (2.2) [OKUNO e YOSHIMURA, 2010]. :

$$E_{\text{fóton}} = E_L - E_K \quad (2.2)$$

2.4. Interação da Radiação X com a matéria

Da mesma maneira que é importante saber sobre a produção da radiação X, também se faz necessário compreender a interação da radiação X com a matéria. A interação nada mais é do que, o modo como a energia de radiação é transferida para o átomo. Sendo assim, existem várias maneiras de interação, como também a possibilidade de não interação, onde a radiação atravessa sem transferir energia e sem modificar o meio pelo qual ela passou, por isso, o processo de interação depende muito das características do meio e da radiação [SOARES, 2006]. Assim, a interação do fóton com o átomo, elétrons da órbita, ou com o núcleo, depende da energia do fóton. Geralmente, fótons de baixa energia interagem com o átomo como um todo, já os fótons de energia moderada interagem com os elétrons dos orbitais do átomo e, por fim, os fótons de alta energia interagem com o núcleo do átomo [YOSHIMURA, 2009].

A interação da radiação X com a matéria pode acontecer de cinco modos diferentes, são eles: Efeito Rayleigh ou espalhamento coerente, Efeito Fotoelétrico, Efeito Compton, Produção de Pares e por fim, reações fotonucleares ou fotodesintegração, sendo que, apenas os três primeiros podem ocorrer na área do radiodiagnóstico [SOARES, 2006].

2.4.1. Espalhamento Coerente ou Efeito Rayleigh

O Efeito Rayleigh ou também denominado espalhamento coerente ou elástico tem maior probabilidade de ocorrência para fótons de baixa energia, menor que 10 KeV, e átomos pesados [SOARES, 2006].

Essa interação ocorre de forma em que não há transferência de energia para o meio, a não ser a parte necessária para o recuo do átomo, conservando o momento e alterando a direção do fóton. Depois do processo de interação, não resta energia no átomo alvo, assim o fóton emitido sai com a mesma energia incidente [YOSHIMURA, 2009].

A frequência e direção do fóton dependem do número atômico do alvo e da energia do fóton. A direção do fóton incidente é diferente da direção do fóton espalhado, assim, quanto menor a energia do fóton, maior são os ângulos de espalhamento. Essa interação ocorre para baixas energias e altos números atômicos [OKUNO e YOSHIMURA, 2010].

No radiodiagnóstico, esse tipo de interação não é significativo devido às baixas energias dos fótons, que não auxiliam na formação da imagem, até porque eles são filtrados após sua produção na ampola de Raios-X e, quando não são filtrados, ao atingir o paciente, são espalhados sem atravessá-lo [SOARES, 2006].

2.4.2. Efeito Compton

Outro tipo de interação é denominado Efeito Compton ou Espalhamento inelástico, o qual ocorre a colisão de um fóton com um elétron livre e em repouso no átomo alvo. Quando um fóton incidente atinge o alvo, um elétron e um fóton são emitidos em qualquer direção, como é possível ver na Figura 3.

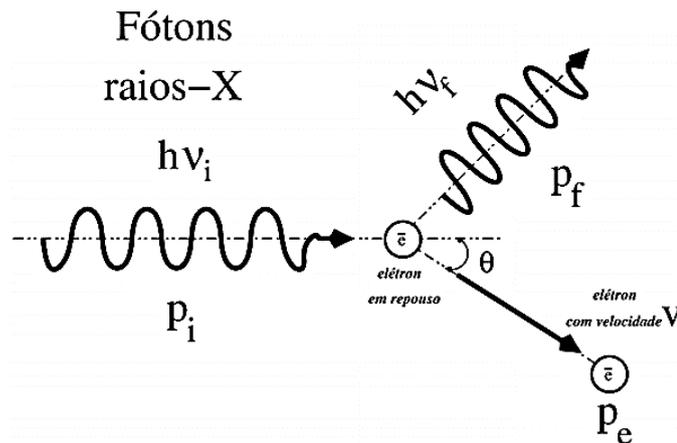


Figura 3: Ilustração do Efeito Compton. Fonte: [MORGON, 2008].

Na radiologia diagnóstica, a probabilidade de ocorrer o Espalhamento Compton diminui com o aumento da energia do fóton [SOARES, 2006].

2.4.3. Efeito Fotoelétrico

Por fim, a última interação de interesse na área da radiologia diagnóstica, é o Efeito Fotoelétrico. Nesse tipo de interação, o fóton é totalmente absorvido pelo átomo alvo, assim, um elétron é desprendido do átomo com energia cinética igual a diferença entre as energias de ligação do átomo e do fóton incidente. A energia nesse caso é praticamente depositada em sua totalidade no meio em que ocorre a interação [OKUNO e YOSHIMURA, 2010]. Quando o elétron é desprendido do átomo, fica uma lacuna no átomo, caracterizando-o como instável, assim o elétron das camadas mais externas preenche essa lacuna, onde nessa transição é emitido um fóton com energia que envolve a diferença das energias de ligação das camadas do átomo, sendo que essa transição não acontece continuamente [SOARES, 2006].

Com respeito da probabilidade de ocorrência dessa interação, ela é proporcional a densidade do material, onde essa probabilidade de ocorrência aumenta com o número atômico elevado a quarta ou quinta potência, e em relação à energia do fóton, a probabilidade de ocorrência é inversamente proporcional ao cubo da energia do fóton [OKUNO e YOSHIMURA, 2010].

2.5. Radiação Espalhada

Na interação do fóton com o átomo alvo, parte da energia é absorvida, parte é transmitida, e a outra parcela pode ser espalhada. Como descrito anteriormente, no Espalhamento Compton, os fótons incidentes no átomo alvo sofrem um desvio na sua direção inicial e, assim, resultando em radiação espalhada [LESYUK *et al.*, 2016].

A radiação espalhada provém do paciente e dos mais variados objetos presentes na sala, onde está ocorrendo um procedimento da radiologia intervencionista. Esta radiação é

responsável por prejudicar a qualidade da imagem, pela alta dose no paciente e, principalmente, nos profissionais envolvidos durante o procedimento [CHAN *et al.*, 1985].

Sendo assim, na Radiologia Intervencionista é necessário maior atenção com a radiação espalhada, visto que, podem ocorrer efeitos determinísticos e estocásticos no IOE, caso medidas de proteção não sejam utilizadas corretamente. Com base nos riscos que os profissionais são expostos, para evitá-los, se faz necessário que o IOE esteja ciente destes riscos, para assim, fazer o uso correto das medidas de radioproteção de modo que o procedimento seja executado com segurança [HEDRICK, 2007].

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foi avaliada uma sala de CPRE, de um Hospital Público de grande porte, em relação aos itens de proteção radiológica da RDC MS/ANVISA nº330 [MS/ANVISA, 2019]. Para esta avaliação foi elaborada uma planilha com onze itens da RDC MS/ANVISA nº330 que engloba os requisitos a serem cumpridos, no que diz respeito a equipamentos de proteção individual e coletiva, e instalações. Com essa planilha foi possível obter o controle das exigências que eram ou não satisfeitas.

3.1. Resolução da Diretoria Colegiada RDC MS/ANVISA nº 330 de 20 de Dezembro de 2019

Aspirando a segurança do trabalhador na execução de procedimentos radiológicos, no dia 01 de Junho de 1998 a Portaria MS/SVS nº 453 [MS/SVS, 1998] foi constituída. A partir desta data, esta Portaria estabeleceu todas as medidas e diretrizes para o emprego correto da radiação ionizante, para fins de diagnóstico e de terapia. No final de 2019, a Portaria nº 453/98 foi atualizada e substituída pela Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 330 [MS/ANVISA, 2019]. A RDC nº330 de 20 de Dezembro de 2019, foi publicada no DOU nº 249 no dia 26 de Dezembro de 2019 e, desde então, estabeleceu um período de 12 meses para a adequação dos estabelecimentos legalmente habilitados [MS/ANVISA, 2019]. Sendo assim, a RDC nº330/19 engloba além da segurança no trabalho, como também, a boa qualidade da imagem, sem a necessidade de altas doses de radiação. Para minimizar as doses recebidas pelo IOE, a RDC nº330 estipula o uso obrigatório de equipamentos de proteção radiológica, boas condições dos equipamentos utilizados e, também, exigências estruturais. Sendo assim, atendendo as diretrizes estabelecidas pela RDC nº 330, o estabelecimento hospitalar pode executar suas atividades empregando o uso da radiação ionizante [MS/ANVISA, 2019; JUNIOR *et al*, 2010].

A RDC nº330 determina que as salas onde são executados os exames ou procedimentos, são áreas controladas, onde medidas de radioproteção devem ser executadas por meio de barreiras físicas, fazendo com que o IOE não receba uma dose que ultrapasse o limite de 20 mSv ao ano. Assim sendo, as áreas ao redor das salas de exames são consideradas áreas livres, onde há circulação do público geral, que não pode receber uma dose maior que 1 mSv ao ano [MS/ANVISA, 2019; CNEN NN 3.01, 2014].

Com respeito à entrada da sala do exame/procedimento, a RDC nº330 [MS/ANVISA, 2019] prescreve que haja na porta, o símbolo internacional da radiação ionizante junto com advertências como “Raios-X, acesso restrito”. Além disso, deve-se ter acima da porta uma lâmpada que deve acender quando acontece o disparo de Raios-X, alertando o risco de exposição caso a porta seja aberta. Para melhor advertir, usa-se uma placa com o dizer “Quando a luz estiver acesa, a entrada é proibida” [MS/ANVISA, 2019].

No interior da sala é estabelecida a presença de um biombo feito de algum material plumbífero, onde o técnico radiologista possa ficar durante a execução do exame. Além disso, esse biombo deve dar ao técnico uma boa visualização da sala, paciente e portas de entrada da sala, para que caso o paciente necessite alguma coisa, ou caso alguém entre na sala durante o disparo do feixe de Raios-X, o técnico possa parar imediatamente o disparo da radiação, por meio de um botão de emergência, presente no painel de controle do equipamento de Raios-X [MS/ANVISA, 2019; MS/SVS, 1998].

Segundo as diretrizes determinadas pela RDC nº 330 [MS/ANVISA, 2019], somente é permitido um equipamento de Raios-X por sala e, durante a execução do exame, é permitido que apenas pessoas autorizadas e necessárias permaneçam dentro da sala. Sendo assim, deve haver no interior da sala um quadro com os seguintes alertas: “Não é permitido a permanência de acompanhantes na sala durante o exame radiológico salvo quando estritamente necessário e autorizado”, “Acompanhantes, quando houver a necessidade de contenção do paciente, exija e use corretamente vestimentas plumbíferas para sua proteção”, e ainda “Mulheres grávidas ou com suspeita de gravidez, favor informarem ao médico ou técnico antes do exame” [MS/ANVISA, 2019].

Importante ressaltar também que, é determinado pela RDC nº 330 [MS/ANVISA, 2019], o uso obrigatório e correto de equipamentos de proteção individual e coletiva, que devem ser armazenados de maneira correta sem prejudicar a sua eficiência. Ente os equipamentos de proteção radiológica existem, os aventais de chumbo, protetor de tireoide e protetores de gônadas, tendo em vista a minimização da dose recebida pelos profissionais e pacientes [MS/ANVISA, 2019].

Por fim, é indispensável a presença de um supervisor de proteção radiológica e um técnico responsável que façam parte da composição de um Comitê de Proteção Radiológica, segundo a RDC nº 330 [MS/ANVISA, 2019]. Esse Comitê é responsável por buscar melhorias na segurança do trabalhador, além de fornecer treinamentos periódicos para os profissionais envolvidos em procedimentos radiológicos sobre o uso correto dos equipamentos de radioproteção, além dos riscos do não cumprimento das diretrizes estabelecidas pela RDC nº 330 [MS/ANVISA, 2019].

3.2. Equipamentos de proteção radiológica individual

Da mesma maneira que a RDC nº 330 estabelece que somente deve existir um equipamento de Raios-X por sala, assim também deve haver para cada sala equipamentos de proteção individual disponíveis para acompanhantes, pacientes e indivíduos ocupacionalmente expostos [MS/ANVISA, 2019].

Entre os equipamentos de proteção radiológica individual, estão os aventais, que segundo a RDC nº 330, os acompanhantes, quando necessários na sala, devem usar avental com chumbo equivalente maior ou igual a 0,25 mm. Já o IOE deve usar aventais de no mínimo 0,5 mm de chumbo equivalente ou outro material plumbífero. Também é importante que os aventais sejam armazenados de maneira correta, ou seja, esticados, por exemplo, em um porta aventais, evitando assim rachaduras que comprometem sua eficiência. Devem ser disponibilizados também luvas de proteção, óculos plumbíferos e protetores de tireoide, que atenuam a radiação espalhada, diminuindo assim a dose recebida principalmente pelos profissionais que tem maior proximidade do paciente, como médicos, enfermeiros, anestesistas, entre outros [MS/ANVISA, 2019].

Outro equipamento de proteção radiológica é o dosímetro, utilizado para controle, pois fornece dados de doses recebidas pelo IOE. Segundo a Comissão Internacional de Proteção Radiológica, se faz obrigatório em radiologia intervencionista o uso de pelo menos dois dosímetros no tórax, sendo um acima e outro abaixo do avental plumbífero. Pode ser usado também dosímetros específicos para se obter doses no cristalino ou extremidades. Os dosímetros são trocados mensalmente e, enviados a um laboratório credenciado para leitura. Após a leitura dos dosímetros, os laboratórios emitem relatórios das doses, e estes devem ficar disponíveis para consulta dos profissionais [ICRP, 2000].

3.3. Equipamentos de Proteção Adicional requeridos em uma sala de Radiologia Intervencionista

Com a finalidade de não ultrapassar os limites de dose estabelecidos pela Norma CNEN-NN-3.01, podem ser utilizados os denominados equipamentos de proteção coletiva, minimizando a dose recebida pelo IOE [CNEN NN 3.01, 2014].

Entre os equipamentos de proteção radiológica coletiva, encontra-se o biombo móvel constituído de chumbo, plástico e vidro plumbífero, utilizado quando se faz necessário maior proximidade e melhor visualização do paciente, utilizado geralmente por anestesistas ou enfermeiros [LUCHS, 2005]. Existem também os protetores suspensos de teto, que são interessantes para procedimentos que levam mais tempo, protegendo da radiação espalhada, a cabeça, tronco e cristalino. Já as cortinas de chumbo, nas laterais da mesa do paciente, são utilizadas para diminuir as doses nos membros inferiores dos profissionais envolvidos na execução do procedimento intervencionista [MAEDER, 2006].

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da avaliação da sala de CPRE, foi preenchida a Tabela 1 que se refere aos requisitos estabelecidos pela RDC MS/ANVISA nº 330 [MS/ANVISA, 2019].

Tabela 1: Análise dos requisitos da RDC MS/ANVISA nº330 de 20 de Dezembro de 2019, de uma sala de CPRE [MS/ANVISA, 2019]

Requisitos da RDC MS/ANVISA nº330	Requisitos obedecidos	
	SIM	NÃO
“Art. 54. A cabine ou sala de comando do equipamento deve: I – permitir ao operador, na posição de disparo, eficaz comunicação e observação visual do paciente mediante sistema de observação eletrônico ou visor de tamanho apropriado com, pelo menos, a mesma atenuação da cabine” [MS/ANVISA, 2019].	X	-
“Art. 52. Sinalização luminosa vermelha deve ser acionada durante os procedimentos radiológicos, indicando que pode haver exposição à radiação, devendo ainda: (...)II – a sinalização luminosa estar acompanhada do símbolo internacional da radiação ionizante e das seguintes inscrições na(s) porta(s): (...) b) ‘Quando a luz vermelha estiver acesa, a entrada é proibida’” [MS/ANVISA, 2019].	X	-
“Art. 54. A cabine ou sala de comando do equipamento deve: (...) III - estar posicionada de modo que, durante as exposições, nenhum indivíduo possa adentrar a sala sem ser notado pelo operador” [MS/ANVISA, 2019].	X	-
“Art. 52. Sinalização luminosa vermelha deve ser acionada durante os procedimentos radiológicos, indicando que pode haver exposição à radiação, devendo ainda: (...) II - a sinalização luminosa estar acompanhada do símbolo internacional da radiação ionizante e das seguintes inscrições na(s) porta(s): a) ‘Raios-X, entrada restrita’ ou “Raios-X, entrada proibida a pessoas não autorizadas”” [MS/ANVISA, 2019].	X	-
“Art. 53. Na sala de exames e na(s) porta(s) de acesso deve constar, em lugar visível, quadro com as seguintes orientações de proteção radiológica: (...) II – ‘Não é permitido a permanência de acompanhantes na sala durante o exame radiológico, salvo quando estritamente necessário e autorizado’”[MS/ANVISA, 2019].	-	X
“Art. 53. Na sala de exames e na(s) porta(s) de acesso deve constar, em lugar visível, quadro com as seguintes orientações de proteção radiológica: (...) III – ‘Acompanhante, quando houver necessidade de contenção de paciente, exija e use corretamente vestimenta plumbífera, para sua proteção’” [MS/ANVISA, 2019].	X	-

“Art. 53. Na sala de exames e na(s) porta(s) de acesso deve constar, em lugar visível, quadro com as seguintes orientações de proteção radiológica: (...) V – ‘Mulheres grávidas ou com suspeita de gravidez: informem ao médico ou ao técnico antes do exame’” [MS/ANVISA, 2019].	X	-
“Art. 53. Na sala de exames e na(s) porta(s) de acesso deve constar, em lugar visível, quadro com as seguintes orientações de proteção radiológica: (...) IV – ‘Nesta sala pode permanecer somente 1 (um) paciente de cada vez’” [MS/ANVISA, 2019].	-	X
“Art. 81. Ficam proibidas: I – a realização simultânea de procedimentos radiológicos em equipamentos distintos, em uma mesma sala;” [MS/ANVISA, 2019].	X	-
“Art. 58. A quantidade de equipamentos de proteção individual disponível deve ser suficiente para prover proteção adequada a todos os profissionais e eventuais acompanhantes, quando do uso simultâneo de todas as salas de procedimentos radiológicos” [MS/ANVISA, 2019].	X	-
“Art. 53. Na sala de exames e na(s) porta(s) de acesso deve constar, em lugar visível, quadro com as seguintes orientações de proteção radiológica: I – ‘Paciente, exija e use corretamente vestimenta plumbífera, para sua proteção durante o procedimento radiológico’” [MS/ANVISA, 2019].	X	-

Como mostra os dados apresentados na Tabela 1, a sala onde ocorre o procedimento de CPRE foi bem planejada, com boas condições estruturais e organizacionais. Sendo assim, é possível observar na Figura 4, a cabine de comando ou biombo do técnico, onde foi verificado que o técnico tem boa visualização do paciente e das portas de acesso, além de boa comunicação com o paciente. Além disso, no painel de controle foi encontrado o botão de emergência, para que possa ser pressionado pelo técnico, caso alguém entre na sala ou o paciente necessite de alguma ajuda, durante o disparo do feixe de Raios-X. Caso este botão seja pressionado, o disparo da radiação é cancelado imediatamente. Dessa forma, a Figura 4 mostra que os requisitos I e III do Art.54 da RDC MS/ANVISA nº 330 são devidamente cumpridos [MS/ANVISA, 2019].



Figura 4: Cabine de comando ou biombo do técnico e o painel de controle do equipamento de raios-X com o botão de emergência. Fonte: Própria autora.

No interior da sala é possível ver que o quadro de avisos com as seguintes advertências: “Acompanhantes, quando houver a necessidade de contenção do paciente, exija e use corretamente vestimenta plumbíferas para sua proteção” [MS/ANVISA, 2019], “Paciente, exija e use corretamente vestimenta plumbífera para sua proteção durante exame radiográfico” [MS/ANVISA, 2019] e "Mulheres grávidas ou com suspeita de gravidez: favor informar ao médico ou ao técnico antes do exame" [MS/ANVISA, 2019], estão presentes como é possível ver na Figura 5, cumprindo as exigências I, III e V do Art.53 estabelecidos pela RDC MS/ANVISA nº 330 [MS/ANVISA, 2019].

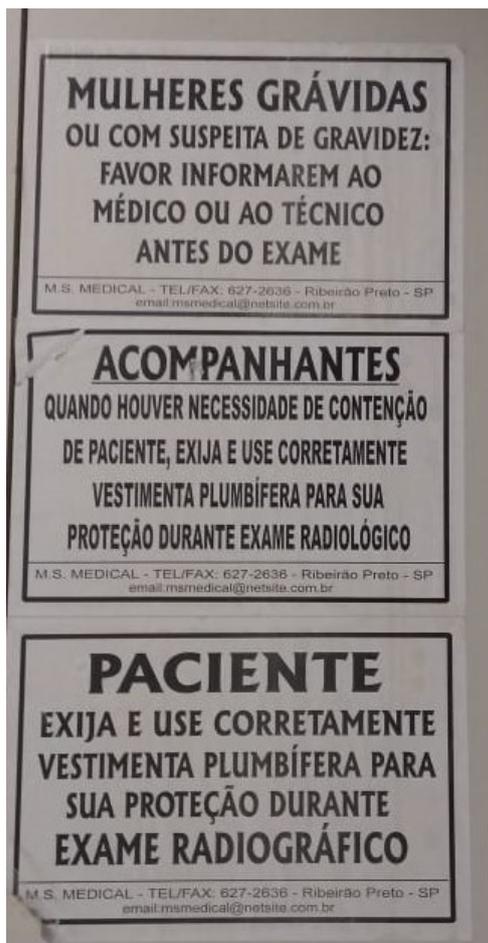


Figura 5: Quadro de avisos no interior da sala, cumprindo as exigências I, III e V Art.53 da RDC MS/ANVISA nº 330. Fonte: Própria autora.

Porém, a advertência exigida nos itens II e IV do Art.53 da RDC MS/ANVISA nº 330, sendo respectivamente os alertas: “Não é permitido a permanência de acompanhantes na sala durante o exame radiológico, salvo quando estritamente necessário e autorizado” [MS/ANVISA, 2019] e “Nesta sala pode permanecer somente 1 (um) paciente de cada vez” [MS/ANVISA, 2019] são inexistentes no quadro de avisos no interior da sala, sendo dois tópicos não obedecidos na sala avaliada [MS/ANVISA, 2019].

Na Figura 6, pode-se confirmar o item I do Art.81 que estabelece a existência de apenas um equipamento de Raios-X na sala [MS/ANVISA, 2019].



Figura 6: Foto da sala de CPRE com um equipamento de Raios-X na sala, como estabelecido no item I do Art.81 da RDC MS/ANVISA nº 330. Fonte: Própria autora.

Acerca dos equipamentos de radioproteção, os aventais de chumbo estão disponíveis na sala do procedimento de CPRE, como é possível ver na Figura 7. Seguindo as diretrizes estabelecidas, eles são armazenados de forma correta no porta avental, esticados, evitando rachaduras, para não prejudicar sua eficiência de blindagem, obedecendo, assim, o Art. 58 da RDC MS/ANVISA nº 330 [MS/ANVISA, 2019].



Figura 7: Aventais de chumbo disponíveis na sala do procedimento de CPRE e corretamente armazenados como aconselhado pela RDC MS/ANVISA nº 330. Fonte: Própria autora.

É possível observar, por meio da Figura 8, que na entrada da sala do procedimento de CPRE, está presente o símbolo internacional da radiação ionizante, com o aviso “Raios-X, entrada restrita” [MS/ANVISA, 2019]. Também, acima da porta, está presente a lâmpada que deve ascender no momento do disparo dos Raios-X, alertando o risco de exposição caso alguém entre na sala, seguido do alerta “Quando a luz estiver acesa a entrada é proibida” [MS/ANVISA, 2019]. Assim os tópicos II (a) e (b) do Art. 52 da RDC MS/ANVISA nº 330, são obedecidos pela sala do procedimento [MS/ANVISA, 2019].

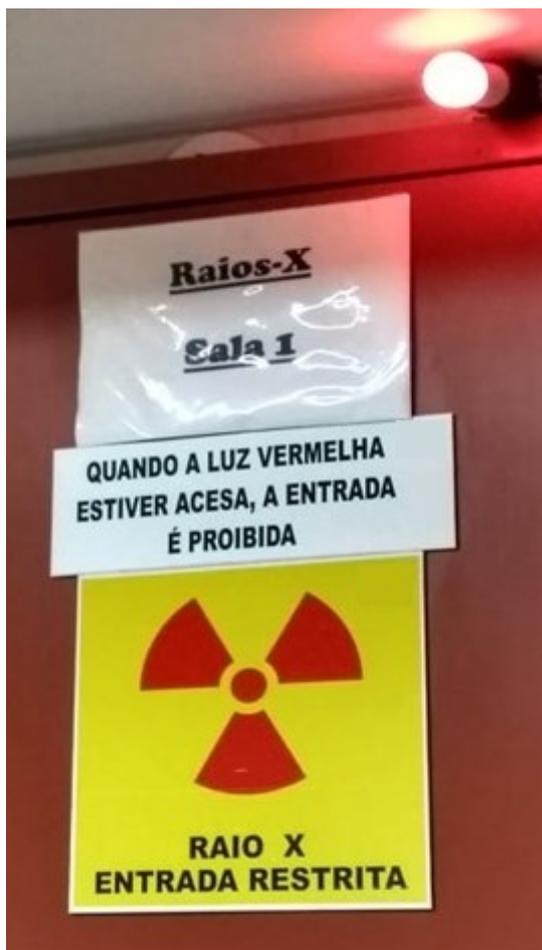


Figura 8: Porta externa da sala de CPRE com o símbolo internacional da radiação ionizante e com as advertências exigidas pela RDC MS/ANVISA nº 330. Fonte: Própria autora.

Com base nos resultados obtidos por meio da análise e discussão dos dados da Tabela 1, verificou-se que, dois itens não estavam presentes na sala, dos onze tópicos observados que são estabelecidos pela RDC MS/ANVISA nº 330/19. Dessa forma, a sala de CPRE está 82% adequada segundo as diretrizes estabelecidas observadas.

5. CONCLUSÃO

Baseado na avaliação de itens de proteção radiológica de uma sala de procedimento de CPRE de um Hospital Público, conclui-se que o objetivo do trabalho foi realizado, onde verificou-se que a sala avaliada está obedecendo as medidas estabelecidas pela RDC MS/ANVISA nº 330, com exceção de dois requisitos que não foram cumpridos, que é a inexistência das placas advertindo que “Não é permitido a permanência de acompanhantes na sala durante o exame radiológico, salvo quando estritamente necessário e autorizado” [MS/ANVISA, 2019] e “Não é permitido na sala mais que um paciente por vez” [MS/ANVISA, 2019]. Dessa forma, um relatório será enviado ao Comitê de Proteção Radiológica do Hospital, alertando a inexistência dessas placas, para que ocorra a adequação total da sala à RDC MS/ANVISA nº 330, visto que a mesma estabeleceu um prazo de adequação de 12 meses.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNARDI G., BAR O., JEZEWSKI T., VAÑÓ E., MACCIA C., TRIANNI A., PADOVANI, R., 2008. **Quality criteria for cardiac images: an update**. Radiation Protection Dosimetry. v.129(1-3), pp. 87–90.

BUSHONG, S. C., 2007. **Manual de Radiologia para Técnicos**. 8º ed. Houston: Elsevier
CANEVARO, L., 2009. **Aspectos físicos e técnicos da Radiologia Intervencionista**. Rev. Bras. de Fís. Méd., v.3, pp. 101-115.

CHAN, H., DOI, K., 1985. **Physical Characteristics of Scattered Radiation in Diagnostic Radiology: Monte Carlo Simulation Studies**. American Association of Physicists in Medicine. v.132(12).

CNEN NN 3.01, 2014. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica**. Resolução164/14. Março de 2014, Brasil.

DA SILVA L. P., 2004. **Avaliação da exposição à radiação dos profissionais que executam procedimentos intervencionistas em um serviço de hemodinâmica**. Dissertação. Rio de Janeiro: Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Comissão Nacional de Energia Nuclear.

DATASUS Ministério da Saúde. **Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde**. Disponível em: <http://datasus.saude.gov.br/> <Acesso em 29 de janeiro de 2020>

DURÁN, J. E. R., 2003. **BioFísica: Fundamentos e Aplicações**. São Paulo: Pearson Prentice Hall.

HEDRICK, W. R., 2007. **Syllabus: Radiation Biology for Diagnostic and Interventional Radiologists**. 5 th ed. Oak Brook, IL: RSNA.

ICRP, 2000. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. **Avoidance of Radiation Injuries from Medical Interventional Procedures**. Publication 85, Annals of the ICRP. v.30(2), Vienna.

JUNIOR, B. J. S., HINRICHSEN, S. L., LIRA, C., VILELLA, T. A. S., 2010. **Riscos Ocupacionais em Centros de Radiognósticos**. Ver. Enferm. UERJ, v.18(3), pp.365-370.

LESYUK, O., SOUSA, P. E., RODRIGUES, S. I. E. S., ABRANTES, A. F., ALMEIDA, R. P. P., PINHEIRO, J. P., AZEVEDO, K. B., RIBEIRO, L. P. V., 2016. **Estudo da Radiação Espalhada em Fluoroscopia durante Procedimentos Cirúrgicos no Quadril**. Radiol. Bras. v.4(49), pp.234-240.

LUCHS, J.S., ROSIOREANU, A., GREGORIUS, D., VENKATARAMANAN, N., KOEHLER, V., e ORTIZ, A. O., 2005. **Radiation safety during spine interventions**. J.Vasc. Interv.Radiol., v.16(1), pp.107-111.

- LUZ, E. S., 2004. **Proteção Radiológica em Radiologia Intervencionista: Estudo de Caso.** Dissertação de Mestrado. Instituto Militar de Engenharia.
- MAEDER, M., BRUNNER-LA ROCCA, H. P., WOLBER, T., AMMANN, P., ROELLI, H., ROHNER, F., e RICKLI, H., 2006. **Impact of a lead glass screen on scatter radiation to eyes and hands in interventional cardiologists.** Catheter Cardiovasc. Interv., v. 67 (1), pp. 18-23.
- MARTINS, R. A., 1997. **Investigando o Invisível: As Pesquisas Sobre Raios X Logo Após a Sua Descoberta por Röntgen.** Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência, n.17, pp. 81-102.
- MARTINS, R. A., 1998. **A Descoberta dos Raios X: O Primeiro Comunicado de Röntgen.** Revista Brasileira de Ensino em Física, v.20 (4), pp. 373-391.
- MORGON, N. H., 2008. **O Comportamento do Elétron: Uma Análise do Efeito Compton e da Relação De Broglie.** Quim. Nova. v.31(7), pp.1869-1874.
- MS/ANVISA, 2019. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Resolução da Diretoria Colegiada.** RDC n.330, de 20 de dezembro de 2019, Brasil.
- MS/SVS, 1998. SECRETÁRIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE – MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Diretrizes de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico e Odontológico.** Portaria n. 453, de 1 de junho de 1998, Brasil.
- OKUNO, E., YOSHIMURA, E., 2010. **Física das Radiações.** Oficina de Textos, São Paulo.
- SOARES, F. A. P., 2006. **Produção de raios x em ampolas radiográficas. Estudo do tomógrafo computadorizado do Hospital Regional de São José SC.** Dissertação. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas.
- SOARES, F. A. P., LOPES, H. B. M., 2003. **Radiodiagnóstico: Fundamentos Físicos.** Florianópolis: Insular.
- SOARES, F. A. P., PEREIRA, A. G., FLÔR, R. C., 2011. **Utilização de Vestimentas de Proteção Radiológica para Redução de Dose Absorvida: Uma Revisão Integrativa da Literatura.** Radiologia Brasileira, v.44(2), pp.97-103.
- SON, B. K., LEE, K. T., KIM, J. S., LEE, S. O., 2011. **Lack of Radiation Protection for Endoscopists Performing Endoscopic Retrograde Cholangiopancreatography.** Korean J Gastroenterol, v.58(2), pp.93-99.
- SULIEMAN, A., ELZAKI, M., KHALIL, M., 2011. **Occupational Exposure to Staff during Endoscopic Retrograde Cholangiopancreatography in Sudan.** Radiation Protection Dosimetry, v.144(1-4), pp.530-533.
- SYNOWITZ, M., KIWIT, J., 2006. **Surgeon's radiation exposure during percutaneous vertebroplasty.** J. Neurosurg Spine, v.4, pp.106-109.

TRIANNI A, BERNARDI G, PADOVANI R., 2006. **Are new technologies always reducing patient doses in cardiac procedures?** Radiat. Prot. Dosimetry. v.1-3 (117), pp.97-101.

YOSHIMURA, E. M., 2009. **Física das Radiações: Interação da Radiação com a Matéria.** Revista Brasileira de Física Médica. v.1(3), pp.57-67. São Paulo, Brasil.