

UFU - Universidade Federal de Uberlândia
INFIS - Instituto de Física

**Avaliação da adequação de uma sala de CT-Crânio do
HC-UFU conforme as normas de proteção radiológica**

Aluno: Antonio Carlos Ferreira Junior

Orientador: Prof. Dr. Lucio Pereira Neves

Uberlândia-MG
2020

Antonio Carlos Ferreira Junior

Avaliação da adequação de uma sala de CT-Crânio do HC-UFU conforme as normas de proteção radiológica

Trabalho de conclusão de curso apresentado à coordenação do curso de graduação em Física Médica da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito à aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II.
Orientador: Prof. Dr. Lucio Pereira Neves.

**Uberlândia-MG
2020**

AGRADECIMENTOS

Inicialmente gostaria de agradecer ao Prof. Dr. Lucio Pereira Neves pela orientação, suporte e paciência durante todo o processo de orientação, e também durante a graduação sempre se colocando a disposição para ajudar quando necessário.

Agradeço também aos membros da banca, Prof. Dr. Gustavo Foresto Brito e a Especialista em Física Médica Cintia de Almeida Ribeiro por disponibilizarem parte de seu tempo para a leitura e presença na apresentação deste trabalho.

Agradeço em especial os professores Prof. Dr. Ana Paula Perini, Prof. Dr. Diego Merigue da Cunha e Prof. Dr. Maurício Foschini pelas conversas que me colocaram no caminho certo durante toda a graduação.

Aos demais professores do Instituto de Física gostaria de agradecer por não só por me proporcionar o conhecimento mas também por contribuem na formação de caráter no processo de formação profissional, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender.

Agradeço em especial a minha mãe e minha irmã Maria e Iara por toda paciência, dedicação e sacrifícios feitos para que eu pudesse ter uma boa criação e educação e condições para estar onde estou. E aos meus amigos que sempre estiveram comigo José, Geisson e Bruno, não esquecendo também de todos os outros; Serena, Igor, Rafael, Elisa, Pedro e Gabriel por todos os momentos divididos durante a graduação.

Por fim, agradeço ao Instituto de Física e o Hospital de Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia pela infraestrutura recebida, bem como por fornecer ótimos professores e suporte durante toda a graduação.

RESUMO

FERREIRA, A.C.J. **Avaliação da adequação de uma sala de CT - Crânio do HC-UFU conforme as normas de proteção radiológica.** 2020. 21p. TCC - Instituto de Física, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - MG, 2020.

Em prol da melhoria da segurança dos trabalhadores, pacientes e indivíduos do público, envolvidos com radiações ionizantes, as normas de proteção radiológica devem sofrer atualizações regulares. No Brasil, a regulamentação para o uso de radiação ionizante em práticas de diagnóstico por imagem é feita a partir da Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) N°330 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) aprovada em Dezembro de 2019, existindo também portarias estaduais que atuam em caráter complementar caso da Resolução Normativa N°002/DIVS/SES do estado de Santa Catarina.

Este trabalho tem como objetivo avaliar uma sala de Tomografia Computadorizada (TC) do Hospital de Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia com o intuito de verificar se ela se encontra em conformidade com o estabelecido na resolução RDC N°330. Também foi realizada uma comparação complementar entre o estabelecido nas normas: RDC N°330 da ANVISA, Resolução Normativa N°002/DIVS/SES norma vigente no estado de Santa Catarina de 18 de Março de 2015 e a norma Europeia de Proteção Radiológica NLE 2011/0254.

Palavras-chave: Tomografia Computadorizada; Radiografia Computadorizada; Proteção Radiológica; RDC N°330; Resolução Normativa N°002/DIVS/SES.

ABSTRACT

FERREIRA, A.C.J. **Evaluation of the adequacy of a CT - skull room at HC - UFU according to the radiation protection norms.** 2020. 21p. TCC - Instituto de Física, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - MG, 2020.

In order to improve the safety of workers, patients and individuals in the public, involved in use of the ionizing radiation, radiation protection standards should be updated regularly. In Brazil, the norm for the use of ionizing radiation in practices diagnostic imaging is based on the Resolution of the Collegiate Board (RDC) N°330 of the Brazilian Health Regulatory Agency (ANVISA), approved on December 20, 2019, there are also state ordinances that act as a complementary character as is the case of Normative Resolution N°002/DIVS/SES in the state of Santa Catarina.

This work aims to evaluate a Computed Tomography (CT) room at the Hospital de Clínicas of the Universidade Federal de Uberlândia in order to verify if it is in conformity with the established in the resolution RDC N°330. A complementary comparison was also made between what is established in the standards: RDC N°330 of the ANVISA, Normative Resolution N°002 /DIVS/SES standard in force in the state of Santa Catarina of March 18, 2015 and the European radiation protection standard NLE 2011/0254.

Keywords: Computerized Tomography; Computed radiography; Radiation Protection; RDC N°330; Normative Resolution N°002/DIVS/SES.

Lista de Figuras

| | | |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | Representação esquemática de um tubo de raios X. | 10 |
| 2 | Espectro de raios X gerados por um tubo com alvo de tungstênio quando elétrons são acelerados com uma diferença de potencial de 87 keV. | 11 |
| 3 | Processos de interação da radiação indiretamente ionizante com a matéria e sua dependência direta com o número atômico (Z) e energia (MeV). | 12 |
| 4 | Processos de interação da radiação indiretamente ionizante com a matéria: Efeito Fotoelétrico. | 13 |
| 5 | Processos de interação da radiação indiretamente ionizante com a matéria : Efeito Compton. | 13 |
| 6 | Representação do funcionamento de um tomógrafo convencional. | 14 |
| 7 | Exame padrão de tomografia craniana sem uso de contraste. | 15 |
| 8 | Imagem do equipamento de tomografia SOMATOM SPIRIT. | 16 |

Lista de Tabelas

| | | |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | Especificações do equipamento SOMATOM SPIRIT da Siemens. | 16 |
| 2 | Avaliação das condições da sala 3 de tomografia computadorizada do Hospital de Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia, tendo como referência o estabelecido na Resolução Normativa N°330 de 20 de Dezembro de 2019 (1). | 17 |
| 3 | Comparação das normas: RDC N°330, Resolução Normativa N°002/DIVS/SES e a NLE 2011/0254. | 18 |

Sumário

| | | |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 8 |
| 1.1 | Normas de Radioproteção no Brasil | 9 |
| 1.2 | Objetivos | 9 |
| 2 | Metodologia | 9 |
| 3 | PRODUÇÃO DE RAIOS X E INTERAÇÃO COM A MATÉRIA | 10 |
| 3.1 | Produção de Raios-x | 10 |
| 3.1.1 | Raios X de Freamento | 11 |
| 3.1.2 | Raios X Característicos | 11 |
| 3.2 | Interação dos raios X com a matéria | 12 |
| 3.3 | Equipamentos de tomografia computadorizada | 14 |
| 4 | AVALIAÇÃO DA SALA DE TOMOGRAFIA E CORRELAÇÃO ENTRE AS NORMAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS | 16 |
| 4.1 | da Sala de Tomografia | 16 |
| 4.2 | Comparação das Normas | 18 |
| 5 | CONCLUSÃO | 19 |

1 INTRODUÇÃO

A radiação X (ou raios X) vem sendo alvo de interesse em diversos estudos desde a sua descoberta, em 1895, pelo físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen, enquanto trabalhava com tubo de raios catódicos. Durante sua pesquisa, Röntgen observou que quando o tubo estava ligado havia a emissão de raios até então desconhecidos que atravessavam objetos e deixavam impressões em chapas fotográficas, sua descoberta logo, se espalhou após a publicação de seu artigo intitulado *On a New Kind of Rays* publicado no periódico *Proceedings of the Physical-Medical Society* de Würzburg. Este trabalho chegou ao conhecimento de vários cientistas da época, que admirados com a natureza da nova descoberta capaz de observar o interior do corpo humano, sem procedimentos invasivos, consideraram que a nova técnica seria o futuro do diagnóstico médico (2). Seis anos após sua descoberta, Röntgen foi agraciado com o prêmio Nobel de física. Durante esse período não se conhecia muito a respeito dos raios X de Röntgen, de modo que apenas alguns anos mais tarde, o físico Max von Laue descobriu e caracterizou os raios X como uma radiação eletromagnética, com comprimento de onda muito menor que o da luz visível (2).

Durante o período da sua descoberta diversos estudos foram realizados, que posteriormente proporcionaram benefícios à diversas áreas da ciências, onde no mesmo período também se observou as consequências da utilização de raios X de forma indiscriminada. Somente em 1915, 20 anos após a descoberta dos raios X, aconteceu a primeira publicação de diretrizes básicas de radioproteção, essas recomendações foram feitas inicialmente pela *Röntgen Society* onde esse foi tido como o início da constituição da radioproteção (3).

Desde de a sua descoberta, e implantação em práticas médicas, houve um avanço em tecnologia e também uma ampliação das possibilidades para a utilização dos raios X. Essas possibilidades estão relacionadas aos mais variados tipos de diagnóstico por imagem. Mesmo com o avanço tecnológico relacionado as técnicas de diagnóstico os aparelhos ainda utilizam dos princípios estudados por Röntgen no tubo de raios catódicos, entre os aparelhos utilizados podemos destacar os equipamentos de Mamografia, de raios X odontológicos, e de Tomografia Computadorizada (TC), sendo o ultimo objeto de motivação do presente estudo. A TC é uma técnica que consiste na utilização de uma fonte de raios X que é acionada, ao mesmo tempo que realiza um movimento circular em torno do paciente, onde os raios X transmitidos são captados por uma série de detectores que estão posicionados no lado oposto a fonte de raios X (4).

O funcionamento do aparelho de TC será abordado de forma mais aprofundada na seção 3.3, uma vez que o objetivo principal deste estudo consiste em uma análise da sala onde o equipamento se encontra de acordo com o estabelecido na Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) N°330 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA)(1).

1.1 Normas de Radioproteção no Brasil

No Brasil, a preocupação com proteção radiológica, explícita em documento oficial, teve início em 1978, com as Diretrizes da Segurança e Medicina do Trabalho, determinadas pela Portaria N°3.214, de 8 de Junho de 1978. Duas décadas após sua publicação foi publicada a Portaria SVS/MS N°453 da ANVISA, de 1 de junho de 1998 (5), sendo revogada em 26 de Dezembro de 2019 dando lugar a RDC N°330 (1) também da ANVISA.

Além disso, outras resoluções foram emitidas pelo Conselho Nacional dos Técnicos e Tecnólogos em Radiologia (CONTER), como por exemplo a Resolução CONTER N°002 14 de Janeiro de 2002 (6) e a Resolução CONTER N°11 de 11 de Novembro de 2011 (7), complementando assim a Portaria 453/98 da ANVISA (5). O Ministério do Trabalho e Emprego aprovou as Normas Regulamentadoras (NR), em 2005, onde menciona em seu item 32.4 as radiações ionizantes, especificando no item 32.4.1 que o atendimento das exigências com relação às radiações ionizantes, não desobriga o empregador de observar as disposições estabelecidas pelas normas específicas da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e da ANVISA.

Para esse trabalho será realizada uma análise comparativa entre o estabelecido na RDC N°330, Instrução Normativa N°002/DIVS/SES de 24 de Outubro de 2008 do estado de Santa Catarina, e a *Non-Legislative Enactments* NLE 2011/0254 (8) que é a norma de proteção radiológica da aprovada pela Comissão Europeia de Bruxelas em 30 de Maio de 2012.

1.2 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo analisar a sala de tomografia computadorizada (TC) de crânio do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia e avaliá-la de acordo com às normas de proteção radiológica estabelecidas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (5), e realizar uma comparação entre a resolução RDC N°330 (1), resolução Normativa N°002/DIVS/SES norma vigente no estado de Santa Catarina de 18 de Março de 2015(9) e da norma europeia de proteção radiológica NLE 2011/0254 (8).

2 Metodologia

Foram realizadas visitas ao Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia, com o objetivo de se realizar medidas da sala de tomografia computadorizada afim de fazer uma avaliação conforme à RDC N°330 da ANVISA. Desta maneira, foi realizado um levantamento sobre as características estruturais e organizacionais da sala e do equipamento.

3 PRODUÇÃO DE RAIOS X E INTERAÇÃO COM A MATÉRIA

Nesta seção serão discutidos os aspectos da produção de raios X, bem como uma breve discussão a respeito dos efeitos de sua interação com a matéria. Também será apresentado um resumo a respeito da história e funcionamento de um aparelho de tomografia computadorizada.

3.1 Produção de Raios-x

A obtenção de feixes de raios X em um tubo de raios X se dá através da aceleração de elétrons provenientes do cátodo seguida de sua colisão em um alvo (ânodo) de alto ponto de fusão (10). Para se entender como ocorrerá produção de raios X devemos olhar a Figura 1 onde podemos ver os principais componentes responsáveis pela sua produção.

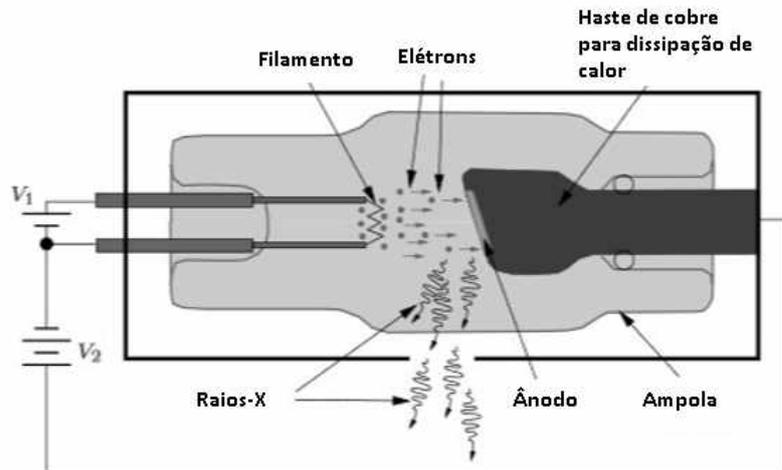


Figura 1: Representação esquemática de um tubo de raios X.
Fonte: Oliveira, 2018 (10).

A Figura 1 mostra a existência de uma zona entre cátodo e ânodo onde uma diferença de potencial é aplicada. Essa diferença de potencial é responsável por acelerar os elétrons entre cátodo e ânodo, que é responsável pela produção de fótons de maior ou menor.

Após acelerados na região entre cátodo e ânodo os elétrons perdem parte de sua energia no ânodo, em processos de colisão e interação coulombiana com elétrons e núcleo (2). O primeiro e principal processo responsável pela produção de maior parte dos raios X emitidos pelo ânodo é chamado de *Bremsstrahlung* (freamento) que é um processo de interação coulombiana e o segundo processo é conhecido como processo de emissão característica (2).

3.1.1 Raios X de Freamento

Os raios X de freamento são produzidos quando elétrons acelerados interagem com o campo elétrico do núcleo atômico. As interações eletrostáticas entre o elétron e o campo elétrico do núcleo fazem com que a trajetória do elétron sofra deflexões de forma a ocasionar a perda parcial ou total de sua energia (2). Durante esse processo 99% da energia dos elétrons são perdidas na forma de calor durante sua interação com o ânodo (11), a energia restante é convertida em radiação eletromagnética em uma emissão de fótons, diferente da radiação característica, a radiação de freamento possui um espectro de emissão contínuo. Um exemplo é mostrado na Figura 2, para o tungstênio (W).

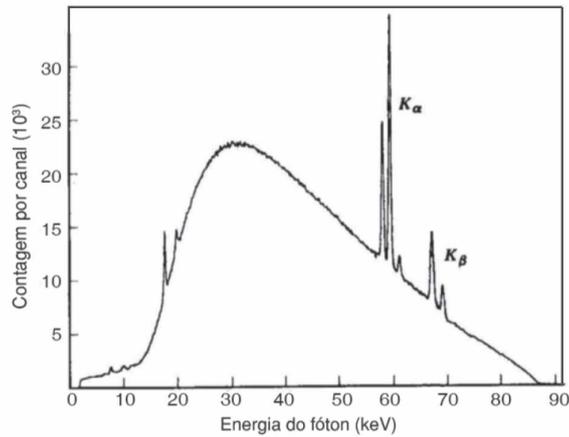


Figura 2: Espectro de raios X gerados por um tubo com alvo de tungstênio quando elétrons são acelerados com uma diferença de potencial de 87 keV.

Fonte: Boone, 1997(12).

Na Figura 2 pode-se observar a diferença entre os dois tipos de interação nos espectros, onde a maior parte dele (parte contínua) é devido a radiação de freamento e os picos são os devido a emissão característica, chamados de k_α e k_β . Os picos de emissão k_α e k_β são chamados de picos de emissão característica, de primeira e segunda ordem do material respectivamente, a aparição destes picos está relacionada ao material que compõe o ânodo do tubo.

3.1.2 Raios X Característicos

Raios X característicos são descritos como resultado de uma dexcitação eletrônica, onde um elétron de uma camada mais externa do átomo decai de um nível de energia mais alto para um baixo (2). Durante o processo de produção de raios X, elétrons com grande energia cinética, que incidem no alvo, são capazes de arrancar elétrons de camadas mais internas fazendo com que exista uma vacância. Essa vacância logo é preenchida por um elétron de uma camada mais externa, por um processo de emissão radiativa (raios X característicos)(11). A energia do fóton liberado por este processo pode ser quantificado utilizando a Equação 1.

$$E_K - E_L = h\nu \quad (1)$$

Onde é proposta uma transição de um elétron da camada L para a camada K, em que E_L e E_K são reespectivamente as energias das camadas L e K, h é a constante de Planck e ν a frequência. Por ser um processo com energia do fóton consideravelmente baixa se comparado as energias utilizadas em exames de TC este efeito não é de grande relevância, uma vez que praticamente toda a radiação característica é removida do espectro devido a utilização de filtros com a finalidade de se garantir a uniformidade do feixe de radiação. Isso não significa que raios X caraterísticos não sejam utilizados em processos de diagnóstico clínico, feixes de baixa energia são amplamente utilizados para diagnósticos em mamografia devido a maior probabilidade de interação com materiais de baixo número atômico.

3.2 Interação dos raios X com a matéria

Para tratar deste assunto inicialmente deve-se lembrar que o raio X é um tipo de radiação indiretamente ionizante, que não possui carga elétrica. Os raios X podem interagir com a matéria de formas diversas, sendo as principais: efeito Compton, efeito fotoelétrico e produção de pares. Em estudos de equipamentos de diagnóstico por imagem, por operarem com faixa de energia relativamente baixa, pode-se considerar apenas dois processos de interação, como sendo predominantes: efeitos Compton e Fotoelétrico. Na Figura 3 é mostrada a dependência que estes processos possuem com a energia do fóton e o número atômico do material.

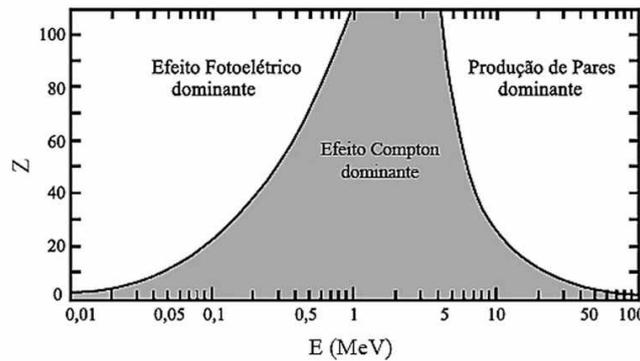


Figura 3: Processos de interação da radiação indiretamente ionizante com a matéria e sua dependência direta com o número atômico (Z) e energia (MeV).

Fonte: Sá, J.R., 2017 (13).

Como neste trabalho iremos tratar de um aparelho de TC, que opera com energias na faixa de 80 a 130 kV se faz necessário uma breve explicação a respeito dos efeitos Fotoelétrico e Compton uma vez que esses são de grande importância durante o processo de aquisição de imagens médicas através desse equipamento.

Efeito Fotoelétrico: é caracterizado como a emissão de elétrons por um material quando exposto à radiação eletromagnética Figura 4.

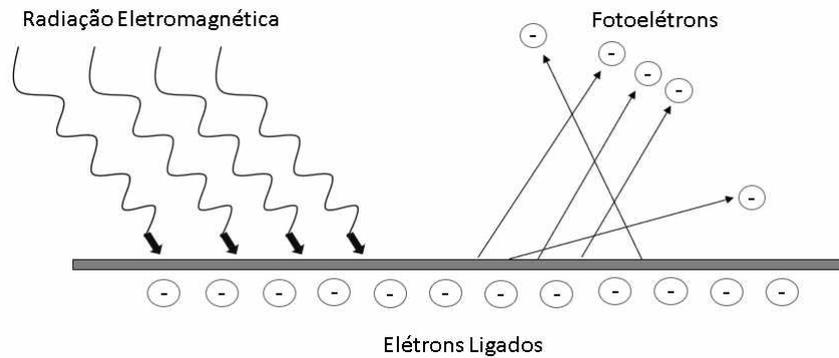


Figura 4: Processos de interação da radiação indiretamente ionizante com a matéria: Efeito Fotoelétrico.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Para que esse efeito ocorra é necessário que a energia E_f do fóton incidente seja maior que a energia de ligação ϕ , para arrancar os elétrons do material. Sua representação matemática é mostrada na Equação 2 que descreve a energia cedida ao elétron é,

$$E_c = E_f - \phi \quad (2)$$

onde E_c é a energia cinética do elétron após a absorção do elétron, E_f a energia do fóton incidente e ϕ é a energia de ligação ou função trabalho do elétron com a sub camada eletrônica que ele ocupa. Esse é tido como o principal responsável pelo contraste em imagens radiológicas.

Efeito Compton: podendo ser chamado também de espalhamento Compton ou espalhamento inelástico Figura 5.

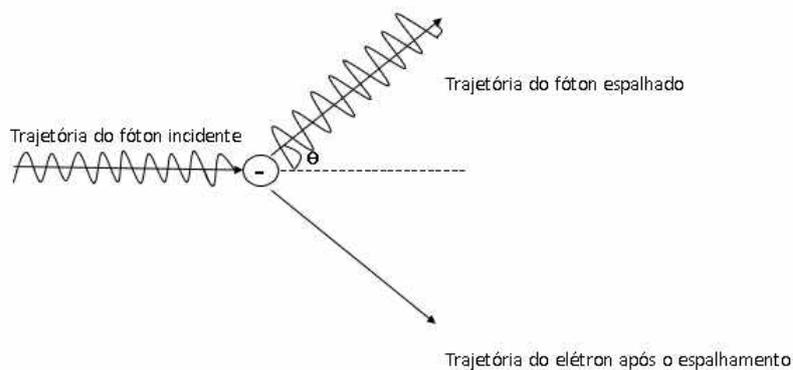


Figura 5: Processos de interação da radiação indiretamente ionizante com a matéria : Efeito Compton.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Neste efeito o fóton sofrerá uma deflexão em sua trajetória, devido a interação com uma partícula carregada e livre do meio, podendo transferir uma fração de sua energia para a partícula (2). Pode-se determinar a energia transferida para o elétron por meio da Equação 3:

$$E_c = h\nu - h\nu' \quad (3)$$

em que E_c é a energia adquirida pelo elétron após o processo de espalhamento, $h\nu$ é a energia do fóton incidente, e $h\nu'$ é a energia do fóton espalhado. Onde o fóton espalhado pode interagir novamente com o meio por outros processos de interação perdendo novamente energia, e o elétron com o qual ele interage pode perder sua energia causando ionizações no meio ao longo de sua trajetória.

A Equação 4 mostra a dependência da energia perdida pelo fóton como função do ângulo de espalhamento, onde $h\nu$ é a energia do fóton incidente, $h\nu'$ energia do fóton espalhado, θ o ângulo de espalhamento e $m_e c^2$ é o fator que representa a massa de repouso do elétron.

$$h\nu' = \frac{h\nu}{1 + \frac{h\nu}{m_e c^2} (1 - \cos(\theta))} \quad (4)$$

3.3 Equipamentos de tomografia computadorizada

No início da década de 70 Godfrey Hounsfield e A.M.Comark apresentaram uma nova modalidade de exame-a tomografia computadorizada, que lhes rendeu o premio Nobel de Medicina de 1979. Eles descreveram a técnica como um método de diagnóstico por imagem que utiliza raios X para obter a reprodução de uma seção do corpo humano, em qualquer um dos três planos (14). Desde seu invento os aparelhos de TC passaram por diversas mudanças relacionadas à qualidade da imagem e redução do tempo de aquisição. Os aparelhos modernos de tomografia possuem um sistema denominado *Captação Multisllice* e são constituídos por um tubo de raios X e de algumas fileiras de detectores, que são dispostos em um formato de arco do lado oposto ao do emissor de raios X como mostrado na Figura 6.

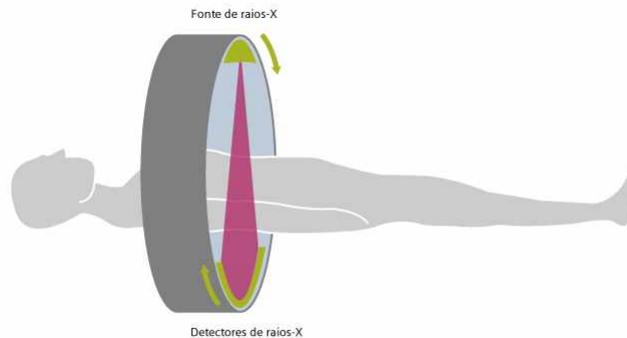


Figura 6: Representação do funcionamento de um tomógrafo convencional.
Fonte: IMAGING,X-r,2002 (15).

A movimentação do paciente no eixo da mesa, aliado ao movimento circular realizado pelo conjunto fonte-detector, permite a aquisição de imagens nos três planos espaciais. De modo que as imagens obtidas correspondem a secções da região da qual está se obtendo a imagem, e são posteriormente organizadas através da ajuda de softwares específicos do equipamento.

As imagens mais detalhadas de tecidos moles e vasos sanguíneos em exames de TC são uma vantagem para o diagnóstico quando comparadas com imagens de equipamentos de radiologia convencional. As imagens formadas quando o feixe de raios X incidente é em parte absorvido devido aos processos de interação entre fóton e matéria, fazendo com que apenas uma fração dos fótons incidentes cheguem aos detectores, a esses fótons dão-se o nome de fótons transmitidos.

Nas imagens de tomografia, diferente de imagens obtidas por exames convencionais de radiografia onde temos uma imagem obtida através da impressão dos fótons transmitidos em um filme radiográfico, os sinais recebidos pelos detectores são convertidos em pulsos elétricos que são enviados a um software de análise no qual ocorre a reconstrução da imagem.



Figura 7: Exame padrão de tomografia craniana sem uso de contraste.
Fonte: HAO,W.J.C.M.,2007 (16).

Na Figura 7 é mostrado um exemplo aquisição feita por um equipamento *SOMATOM Emotion* da empresa Alemã Siemens, onde se tem corte feito através exame de tomografia craniana, técnica utilizada para se identificar tumores cerebrais, traumas, inflamações entre outras doenças que podem acometer essa região.

4 AVALIAÇÃO DA SALA DE TOMOGRAFIA E CORRELAÇÃO ENTRE AS NORMAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS

Nesta seção serão apresentados os resultados da visita feita ao Hospital de Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia para a avaliação de uma sala de TC. Para realizar a avaliação foram utilizados os critérios de aceite propostos pela resolução RDC N°330 de Dezembro de 2019. Na segunda parte da seção é apresentado uma breve discussão a respeito das principais diferenças entre as normas RDC N°330, Resolução Normativa N°002/DIVS/SES e a NLE 2011/0254.

4.1 da Sala de Tomografia

Nesta seção serão apresentados os resultados das visitas feitas ao Hospital de Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia, onde foi realizada uma análise dos principais pontos destacados na norma RDC N°330, que tratam a respeito das diligências em proteção radiológica de ambientes de trabalho que envolvam a utilização de radiação ionizante.



Figura 8: Imagem do equipamento de tomografia SOMATOM SPIRIT.
Fonte: SIEMENS,2010 (17).

Na sala analisada em questão se encontra o equipamento de tomografia SOMATOM SPIRIT Figura (8) da empresa Alemã Siemens, no qual foram realizadas análises, com o auxílio do manual da fabricante (17) para se verificar se este apresenta as características necessárias conforme disposto na RDC N°330. As especificações técnicas do equipamento bem como a avaliação dos itens obrigatórios necessários à sala de TC, presentes na RDC N°330 se encontram respectivamente nas tabelas 1 e 2.

| Especificações do Equipamento de CT | |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Voltagem de Exposição | 80kV - 130kV |
| Corrente Aplicável | 30mA - 180mA |
| Tempos de Exposição | de 1 a 1,5s para rotações de 360° |
| Ponto Focal | 0.8x 0.7mm |
| Colimador | 0.15mm de Al e 0.6mm de Ti equivalentes a 5.5mm de Al. |

Tabela 1: Especificações do equipamento SOMATOM SPIRIT da Siemens.
Fonte: SIEMENS, 2010 (17).

Analisando o manual do equipamento (17), pode-se observar que o tomógrafo apresenta uma filtração total de 5.5 mmAl, feixe luminoso que permite a determinação visual do plano de referência, botão de emergência capaz de interromper o procedimento a qualquer instante, indicação visual dos parâmetros da técnica a ser aplicada, modulação automática da corrente, protocolos pediátricos, estando assim de acordo com o artigo 2º da Instrução Normativa N°55 de Dezembro de 2019 da ANVISA (18). Outros parâmetros como componentes do gerador e filtração do cabeçote não estão indicados pelo material utilizado (17) para a realização deste trabalho não sendo possível a avaliação destes parâmetros.

Na tabela 2 são apresentados os selecionados que serviram como base para a avaliação da sala 3 de tomografia computadorizada do Hospital de Clínicas de Uberlândia.

| Requisitos a serem atendidos por uma sala de TC Segundo a RDC N°330 (1) | Conformidade com a Norma |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 1.A cabine de comando permite ao operador observar e se comunicar com o paciente durante todo o exame. | Sim |
| 2.Cabine permite operador visualizar qualquer indivíduo a entrar na sala durante procedimento. | Sim |
| 3.Símbolo internacional de Radiação Ionizante do lado externo das portas da sala. | Sim |
| 4. Placa informando: “Raios X, entrada Restrita”. | Sim |
| 5. Luz vermelha no lado externo da sala. | Sim |
| 6. Placa com a informação: “Quando a luz estiver acesa, a entrada é proibida”. | |
| 7. Aviso com a informação: “Não é permitida a permanência de acompanhantes na sala durante o exame radiológico, salvo quando estritamente necessário e autorizado”. | Sim |
| 8. Aviso com a informação: “Acompanhante, quando houver necessidade de contenção de paciente, exija e use corretamente vestimenta plumbífera para sua proteção”. | Sim |
| 9. Aviso com a informação: “No interior da sala somente pode permanecer um paciente de cada vez”. | Sim |
| 10. Vestimenta de proteção individual para pacientes, equipe e acompanhantes. | Sim |
| 11. Suportes apropriados para os equipamentos de proteção individual. | Sim |
| 12.Um equipamento emissor de radiação por sala. | Sim |
| 13.Aviso para que gestantes informem a gravidez ao médico ou técnico antes do procedimento. | Sim |
| 14.Boas Condições de Higiene e Limpeza. | Sim |
| 15. Controle Automático de Exposição. | Sim |

Tabela 2: Avaliação das condições da sala 3 de tomografia computadorizada do Hospital de Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia, tendo como referência o estabelecido na Resolução Normativa N°330 de 20 de Dezembro de 2019 (1).

Durante a avaliação da sala observamos uma compatibilidade de 100% dos itens escolhidos apresentados na Tabela 2, onde podemos destacar: presença de equipamentos de proteção individual para equipe e acompanhantes, a presença do suportes de equipamentos, e os quadros de avisos relacionados a indivíduos do público. Tendo os pontos apresentados em vista, podemos concluir que, a sala 3 de TC do HC-UFU escolhida para estudo neste trabalho está totalmente em acordo com as diligências estabelecidas para o funcionamento de uma sala de exames diagnósticos presente na norma RDC N°330.

4.2 Comparação das Normas

Nesta seção serão apresentados os resultados das comparações feitas entre três normas de radioproteção que estão atualmente em vigor em suas localidades. Os parâmetros escolhidos para a comparação são os critérios adotados em cada norma para viabilizar a criação e funcionamento de uma sala de diagnóstico médico, esses parâmetros são mostrados na Tabela 3.

| Requisitos a ser atendidos por uma sala de TC | Resolução RDC N°330 | Resolução Normativa N°002/DIVS/SES | NLE 2011/0254 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------|---------------|
| 1. Sinalização luminosa indicando funcionamento do equipamento. | ✓ | ✓ | ✓ |
| 2. Símbolo internacional da radiação acompanhado de instruções para entrada no local. | ✓ | ✓ | ✓ |
| 3. Quadro de orientações direcionado a pacientes e acompanhantes. | ✓ | ✓ | × |
| 4. Equipamentos de proteção individual (EPI's). | ✓ | ✓ | ✓ |
| 5. Local para armazenagem correta dos EPI's. | ✓ | ✓ | ✓ |
| 6. Aviso sobre a entrada e presença de acompanhantes durante o exame. | ✓ | ✓ | ✓ |
| 7. Aviso a respeito da quantidade de pacientes dentro da sala de exames. | ✓ | ✓ | ✓ |
| 8. Visualização do operador de todo o ambiente da sala de exames durante qualquer procedimento. | ✓ | ✓ | ✓ |
| 9. Visão ampla do operador de todas as entradas da sala de exames. | ✓ | ✓ | × |
| 10. Devem estar disponíveis no equipamento todos os protocolos utilizados em todos os exames. | ✓ | ✓ | × |
| 11. Orientação quanto as dimensões mínimas da sala de exames. | × | ✓ | × |
| 12. Distância entre o equipamento e a parede é superior a 1m para paredes laterais e 0,6m para as demais paredes. | × | ✓ | × |
| 13. Distância entre a fonte de emissão de radiação e qualquer parede deve ser superior a 1,5m. | × | ✓ | × |

Tabela 3: Comparação das normas: RDC N°330, Resolução Normativa N°002/DIVS/SES e a NLE 2011/0254.

Na Tabela 3 é mostrado a relação do que é comum e único à cada norma, entre esses pontos podemos destacar algumas das recomendações que estão presentes nas três normas como por exemplo: a preocupação com a segurança de pacientes e indivíduos ocupacionalmente expostos, preocupação quanto a exposição de mulheres em período ou suspeita de gestação e com o uso dos equipamentos de proteção individual.

Das principais diferenças que foram encontradas entre as normas analisadas neste trabalho, podemos destacar duas; a primeira fica por conta da ausência de uma área mínima para a implantação da sala de TC que está presente apenas nas Norma N°002/DIVS/SES e NLE 2011/0254, onde foi analisada a Instrução Normativa N°55 da ANVISA que atua

em caráter complementar a RDC N°330 mas não é mencionado em nenhum de seus artigos a existência de uma área mínima para a implantação de equipamentos de TC; a segunda fica por conta da falta de orientação na Norma Europeia NLE 2011/0254 quanto a fixação de um quadro de avisos direcionado ao paciente a respeito dos direitos básicos durante o exame, a fixação de avisos são obrigatórios nas duas normas brasileiras RDC N°330 e Resolução Normativa N°002/DIVS/SES e são citados nos itens 7, 8, 9 da Tabela 2, mas esse não é um fato que se deve tomar como verdade absoluta uma vez que a NLE 2011/0254 estabelece diretrizes gerais de trabalho para todos os países da União Europeia, sendo assim é possível que os países constituintes tenham normas próprias que atuem em caráter complementar e supram as ausências que nela constam.

5 CONCLUSÃO

A sala respeita o estabelecido pelas normas, respeitando os itens selecionados neste trabalho. Com relação às análises das características do equipamento de tomografia explanadas na IN N°55 não foi possível identificar algumas características do equipamento como: (i) fator de blindagem do cabeçote, (ii) indicação do índice de Dose em Tomografia Computadorizada Médio (CTDIW) ou índice de Dose em Tomografia Computadorizada (CDTVOL) e do Produto Dose x Comprimento (DLP). Entretanto esses pontos só devem ser levados em consideração para equipamentos que foram adquiridos após 20 de Dezembro de 2019, data em que a presente norma entrou em vigor. Também não foi possível a determinação de algumas características do tubo de raios X tais como: posição do ponto focal, tamanho do campo e corrente do tubo.

Quanto à comparação das normas nacionais e da UE, pode-se destacar algumas diferenças: (i) a falta de informação quanto à implantação de quadros de avisos direcionado a pacientes e acompanhantes, (ii) visualização do operador de todo o ambiente da sala de exames durante a realização de procedimentos, (iii) falta de orientação quanto à presença dos protocolos de exames no equipamento, todos os itens citados anteriormente são referentes a pontos encontrados que não constam em nenhum artigo da norma europeia NLE 2011/0254, alguns pontos de divergência comuns foram encontrados entre as normas RDC N°330 e NLE 2011/0254 onde pode-se destacar (iv) as orientações quanto às dimensões mínimas para a sala de exames, (v) limitações a respeito da distância entre o equipamento e a parede superior e paredes laterais da sala, (vi) e limitações quanto à distância entre a fonte de emissão da radiação e qualquer parede da sala.

Referências

- 1 SANITÁRIA-ANVISA, A. N. de V. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC n° 330. *Diario Oficial da União*, 2019. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-rdc-n-330-de-20-de-dezembro-de-2019-235414748?inheritRedirect=true>.
- 2 OKUNO, E.; YOSHIMURA, E. M. *Física das Radiações*. [S.l.: s.n.], 2010. ISBN 978-85-7975-005-2.
- 3 HUHN, S. A.; VARGAS, S. M. A. O. Plano de proteção radiológica e responsabilidade ética. *Brazilian Journal of Radiation Sciences*, v. 4, n. 1A, 2016.
- 4 JÚNIOR, E. A.; YAMASHITA, H. Aspectos básicos de tomografia computadorizada e ressonância magnética. *Brazilian Journal of Psychiatry*, SciELO Brasil, v. 23, p. 2-3, 2001.
- 5 SANITÁRIA-ANVISA, A. N. de V. Portaria SVS/MS n° 453. *Diario Oficial da União*, 1998. Disponível em: <http://www.cremesp.org.br/?siteAcao=PesquisaLegislacao&dif=s&ficha=1&id=3331&tipo=PORTARIA&orgao=Secretaria%20de%20Vigil%E2ncia%20em%20Sa%FAde/Minist%E9rio%20da%20Sa%FAde&numero=453&situacao=VIGENTE&data=02-06-1998>.
- 6 RADIOLOGIA, C. N. de T. E. Resolução conter n°002. *Diario Oficial da União*, 2002. Disponível em: http://www.conter.gov.br/uploads/legislativo/n_022002.pdf.
- 7 RADIOLOGIA, C. N. de T. E. Resolução conter n° 11. *Diario Oficial da União*, 2011. Disponível em: http://www.conter.gov.br/uploads/legislativo/n_112011.pdf.
- 8 COMMISSION, B. Radiation Protection Series. In: *COUNCIL DIRECTIVE - Laying Down Basic Safety Standards For Protection Against Hazards Resulting From Exposure to Ionizing Radiation*. [s.n.]. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1597510486919&uri=CELEX:52012PC0242>.
- 9 SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE. *RESOLUÇÃO NORMATIVA n° 002/DIVS/SES*. Florianópolis: [s.n.]. 129 p. Disponível em: http://www.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/20_06_2016_18.13.47.f3c087b3926a10c1087b93eb706851b1.pdf.
- 10 Oliveira Da Silva, J. Produção de Raios X. In: *Radiologia e Medicina Nuclear*. 1. ed. [S.l.: s.n.], 2018. cap. 2, p. 298.
- 11 SOARES, F. A. P. et al. Produção de raios x em ampolas radiográficas: estudo do tomógrafo computadorizado do hospital regional de são josé/sc. Florianópolis, SC, 2006.
- 12 BOONE, J. M.; FEWELL, T. R.; JENNINGS, R. J. Molybdenum, rhodium, and tungsten anode spectral models using interpolating polynomials with application to mammography. *Medical Physics*, 1997. ISSN 00942405.
- 13 SÁ, J. R. et al. Interação da Física das Radiações com o Cotidiano: Uma prática multidisciplinar para o Ensino de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 2017. ISSN 01024744.
- 14 GARIB, D. G. et al. Tomografia computadorizada de feixe cônico (Cone beam): entendendo este novo método de diagnóstico por imagem com promissora aplicabilidade na Ortodontia. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial*, 2007.
- 15 IMAGING, X.-r.; TOMOGRAPHY, C. X-Ray Imaging and Computed Tomography 1.1. *Imaging*, 2002.

- 16 HAO, W. J. C. M. Somatom emotion 6/16-slice configuration-application guide. *Manualslib*, SIEMENS, 2007. Disponível em: <https://www.manualslib.com/manual/524455/Siemens-Somatom.html#manual>.
- 17 SIEMENS. Join the world of ct somatom spirit. *Datasheet*, SIEMENS, 2010.
- 18 SANITÁRIA-ANVISA, A. N. de V. Instrução Normativa - IN nº 55. *Diario Oficial da União*, 2019. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-55-de-20-de-dezembro-de-2019-235414684>.