

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
CAMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE SAÚDE E SERVIÇOS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA**

SUANE JARDIM

**AVALIAÇÃO DA DOSE DE RADIAÇÃO IONIZANTE AMBIENTAL,
EMITIDA POR ESCÂNER CORPORAL E DE MESA**

FLORIANÓPOLIS, julho de 2018

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
CAMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE SAÚDE E SERVIÇOS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA**

SUANE JARDIM

**AVALIAÇÃO DA DOSE DE RADIAÇÃO IONIZANTE AMBIENTAL,
EMITIDA POR ESCÂNER CORPORAL E DE MESA**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de Tecnólogo em Radiologia.

Professor Orientador: Flavio Augusto Penna Soares, Dr.

FLORIANÓPOLIS, julho de 2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Jardim, Suane

Avaliação da dose de radiação ionizante ambiental,
emitida por escâner corporal e de mesa / Suane Jardim ; orientação
de Flávio Soares. - Florianópolis, SC, 2018.

38 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal
de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. CST
em Radiologia. Departamento Acadêmico de Saúde e
Serviços.

Inclui Referências.

1. Escâner. 2. Radiação. 3. Dosímetro. 4. Proteção
Radiológica. I. Soares, Flávio. II. Instituto Federal
de Santa Catarina. Departamento Acadêmico de Saúde e
Serviços. III. Título.

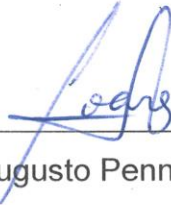
**AVALIAÇÃO DA DOSE DE RADIAÇÃO IONIZANTE AMBIENTAL, EMITIDA
POR ESCÂNER CORPORAL E DE MESA**

SUANE JARDIM

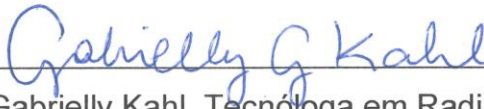
Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do Título de Tecnólogo em Radiologia e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso Superior de Tecnologia Radiologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 05 de julho, 2018.

Banca Examinadora:



Prof. Flávio Augusto Penna Soares, Dr.



Prof. Gabrielly Kahl, Tecnóloga em Radiologia



Peter Kühn, Esp. em Radiologia Industrial

Com amor, dedico esse
trabalho à memória de minha mãe, a meu pai,
meu irmão e meu companheiro.
Obrigado por todo apoio e incentivo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida.

Agradeço a meu orientador e professor Flavio Augusto Penna Soares por toda calma e paciência comigo ao longo de todo este trabalho orientando-me da melhor maneira possível, a Professora Patrícia Dorow por toda ajuda durante a pesquisa.

Agradeço ao Instituto Federal de Santa Catarina, por ser uma instituição que se preocupa em manter seu aluno, em especial aos docentes do Curso Superior de Tecnologia em Radiologia, desde o início do curso por partilharem conhecimentos o qual levarei por toda minha vida profissional.

Agradeço a minha mãe que onde estiver estará sempre me guiando, e me fazendo persistir sempre, a meu pai que mesmo longe sempre me apoiou, meu irmão que nunca me deixou desistir mesmo nos momentos mais difíceis, sempre esteve ao meu lado mesmo com a distância.

Agradeço ao meu companheiro de todos os momentos, Wilson Machado, pois sem ele eu não chegaria até aqui, pela paciência ao longo dessa graduação e principalmente durante a elaboração desse trabalho.

Agradeço aos meus colegas de turma, em especial a minha amiga Nataly Pereira por toda ajuda incentivo durante o curso, não me deixando desistir, principalmente por sua ajuda nessa pesquisa.

Agradeço em especial ao professor Peter Kühn que me acompanha desde o curso técnico em Radiologia, em um dos momentos que mais precisei soube com suas palavras me apoiar e agora fazendo parte de minha banca.

Agradeço em especial a Secretária do Estado da Justiça e Cidadania, ao Secretário Leandro Lima, ao Diretor do DEAP Deiveison Batista, ao Assessor Gabriel Airton da Silveira, ao Diretor da Penitenciária da Capital Alexandre Brum e ao Supervisor da Casa da revista Marcelo Boehme pela ajuda e liberação da pesquisa na unidade.

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para meu desenvolvimento como graduanda, e principalmente na elaboração deste trabalho.

RESUMO

O escâner radiográfico é capaz de detectar uma vasta gama de objetos escondidos no corpo ou em alimentos e bolsas, como armas, celulares e substâncias ilícitas, como drogas e explosivos. Por esse motivo a utilização do mesmo no sistema penitenciário vem substituindo a execução da revista íntima. Os escâneres pesquisados nesse trabalho dividem-se em escâner corporal e de mesa. A medição da dose de radiação ionizante no ambiente emitida por escâner corporal e de mesa permite verificar a real presença de radiação e seus níveis. Trata-se de medida preventiva e de segurança para a questão da saúde do trabalhador e do público em geral. O presente estudo é considerado uma pesquisa quantitativa, exploratória, com coletas de dados em campo. Foram utilizados 13 dosímetros termoluminescentes para essa pesquisa, fixados próximos aos escâneres, a distâncias variadas e nos locais de posição de trabalho dos agentes. Os dosímetros ficaram no local durante 28 dias, e após foram enviados para leitura em laboratório credenciado. Os resultados medidos indicaram todos com leituras menores de 0,2 mSv, ou seja abaixo do nível de detecção do laboratório e indica que as doses ambientais estão no mesmo valor que a radiação ambiente. Por tudo isso, conclui-se que por ser mínima a dose encontrada, os equipamentos seguem a devida legislação cumprindo os requisitos determinados pela CNEN e conseqüentemente os servidores estão protegidos,

Palavras- chave: escâner, radiação, dosímetro, proteção radiológica.

ABSTRACT

The scanner is able to detect a wide range of hidden objects in the body or in food and handbags, like weapons and cell phones, or even illicit substances such as drugs and explosives. For these reasons scanners in the penitentiary system works as an alternative to running the intimate search. The scanners analyzed in this work are divided into body and table scanners. Measuring the dose of ionizing radiation from the environment emitted by body and table scanners allows to verify the presence of radiation and its levels, a preventive and safety measure for workers and general public health. The present study is considered a quantitative, exploratory research with field data collection. Thirteen thermoluminescent dosimeters (TLD) were used for this research; they were fixed close to scanners and in different distances, at places where the agents used to be positioned. The dosimeters remained in place for 28 days and then were sent for reading in an accredited laboratory. The measured results indicated all with readings low of 0.2 mSv, that is, below the laboratory detection level and indicates that the ambient doses are at the same value as the background radiation. It is concluded that because the minimum dose is found, the equipment complies with the requirements of the CNEN and the servers are protected.

Keywords: scanner, radiation, dosimeter, radiation protection.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALARA – As Low As Reasonably Achievable

CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear

END- Ensaio Não Destrutivo

IOE – Indivíduo Ocupacionalmente Exposto

TLD – Thermoluminescent Dosimeter

TJSC – Tribunal de Justiça de Santa Catarina

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Escâner Corporal - esteira	17
Figura 2 - Imagem obtida pelo escâner corporal	18
Figura 3 - Escâner corporal	19
Figura 4 - Escâner de mesa	21
Figura 5 - Planta baixa da localização do escâner corporal	26
Figura 6 - Planta baixa da localização do escâner de mesa	27
Figura 7 - Localização dos dosímetros do escâner corporal	28
Figura 8 - Localização dos dosímetros do escâner de mesa	29
Figura 9 - Dosímetro C4(A). Dosímetro M1 (B). Dosímetro M3(C). Dosímetro C2(D).	30
Figura 10 - Lacs para fixação dos dosímetros	31
Figura 11 - Dosímetro fixado com fita transparente	31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	13
1.2 JUSTIFICATIVA	13
1.3 OBJETIVO GERAL	14
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
2 REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1 DESENVOLVIMENTO DA RADIOLOGIA INDUSTRIAL	15
2.2 DESENVOLVIMENTO DOS EQUIPAMENTOS	15
2.2.1 Escâner Corporal	16
2.2.2 Escâner de Mesa	20
2.3 LEGISLAÇÃO.....	21
2.4 PROTEÇÃO RADIOLÓGICA DO INDIVÍDUO OCUPACIONALMENTE EXPOSTO EM RADIOLOGIA INDUSTRIAL	22
2.4.1 Fatores Essenciais Em Proteção Radiológica	23
3 METODOLOGIA	24
3.1 MÉTODOS APLICADOS.....	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1 MEDIDAS AMBIENTAIS	31
5 CONCLUSÃO	34
REFERÊNCIAS.....	35

1 INTRODUÇÃO

O uso das radiações ionizantes, principalmente a radiação X, não se restringe apenas a sua aplicação na área médica. A obtenção de imagens por meio de equipamentos radiográficos também é aplicada na área industrial. Alguns desses equipamentos, conhecidos como escâneres, podem ser utilizados para inspecionar invólucros, caixas e outras embalagens sem a necessidade de se abrir o recipiente. Inclusive, esse conceito foi ampliado e equipamentos foram desenvolvidos para inspecionar o ser humano em busca de objetos escondidos sem a necessidade de se retirar a roupa, por exemplo.

O Escâner corporal foi desenvolvido pelo físico e pesquisador americano Steve W. Smith. Ele realiza a varredura do corpo da pessoa com um feixe de raios X e então identifica através das roupas e cavidades corporais, objetos que muitas vezes não são detectados sem o auxílio do escâner. Devido ao tipo de raios X utilizados, a maior parte da radiação, ao atingir o corpo, pode ser refletida e voltar na mesma direção em que foi enviada, sendo medida em um grande detector de radiação. Essa informação é então memorizada pelos detectores e transformada em imagem por um sistema de computação (NOBREGA, 2012).

No Brasil, por volta da década de 1970, os primeiros equipamentos industriais utilizados em público, foram os equipamentos para inspeção de malas e bolsas nos aeroportos. Hoje em dia, alguns estados brasileiros já utilizam alguns tipos de escâner de radiação X industrial para questões de segurança nos complexos penitenciários principalmente para a verificação de objetos escondidos em alimentos e corpo (VMI, 2017).

Essa tecnologia nova é utilizada cada vez mais no mundo, mostrando o que uma pessoa carrega sob suas roupas quando é inspecionada por esses equipamentos que tem a capacidade de localizar objetos escondidos no corpo (NANTES et al, 2017).

Em grandes eventos como na Copa do Mundo e nas Olimpíadas no Brasil em 2016 foram utilizados escâneres, que após seu uso, foram doados pelo governo federal a alguns estados para serem utilizados em complexos penitenciários.

A utilização dessa tecnologia reduz o tempo de espera nas filas, tornando ágil o atendimento, aumentando a segurança do local com relação à entrada de objetos proibidos, reduz os constrangimentos da revista vexatória, ficando a revista íntima proibida nas penitenciárias que utilizam o escâner (LEI FEDERAL 13.271/16).

O escâner permite a minuciosa avaliação das cavidades corporais das visitas, podendo identificar por meio de imagens qualquer tipo de material que os familiares carreguem. (BECKHAUSER, 2017)

Devido ao uso da radiação ionizante, e os possíveis efeitos causados pela mesma, há uma preocupação com a segurança dos operadores dos equipamentos, bem como o público em geral. Em virtude da instalação desses equipamentos recentemente, há dúvidas sobre o detrimento da saúde nos operadores. A existência de radiação mostra uma grande dúvida entre os trabalhadores se existe ou não algum efeito sobre eles. (BECKHAUSER, 2017)

Os efeitos biológicos da radiação ionizante podem ser classificados como efeitos determinísticos ou reações teciduais, e efeitos estocásticos. As reações teciduais ou efeitos determinísticos resultam de altas doses, conhecidas como dose limiar, esse valor depende do tipo de radiação e tecido irradiado podendo ocorrer queimadura radio induzida ou até mesmo necrose tecidual. Os efeitos estocásticos são alterações nas células normais, podendo ser induzido por qualquer valor de dose. Neste caso os efeitos são sempre tardios e sua gravidade não depende da dose, mas esta aumenta a probabilidade de ocorrer, como por exemplo, leucemia e câncer. (OKUNO, 2013).

A exposição dos trabalhadores e os equipamentos devem respeitar fatores de proteção radiológica: tempo, distância e blindagem, além do princípio de limitação de dose ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*), ou seja, que toda exposição seja tão baixa quanto razoavelmente exequível. Ainda que minimamente exequível, existe um limite na legislação de que a dose efetiva anual média para qualquer IOE não deve exceder 20 mSv para corpo inteiro, não podendo ultrapassar o limite de 50 mSv no período de 5 anos, e o indivíduo público não ultrapasse 1 mSv ao ano. (CNEN NN 3.01).

Sendo assim, essa pesquisa teve como objetivo investigar as doses presentes no ambiente de instalação do escâner corporal e de mesa numa instituição penitenciária e se a mesma está dentro dos limites legais.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Mediante o uso recente desta tecnologia surge a questão: Qual a dose de radiação ambiental emitida pelo escâner de corpo e mesa?

1.2 JUSTIFICATIVA

A utilização dessa tecnologia reduz o tempo de espera nas filas, tornando ágil o atendimento, aumentando a segurança do local com relação à entrada de objetos proibidos, reduz os constrangimentos da revista vexatória, ficando a revista íntima proibida nas penitenciárias que utilizam o escâner (LEI FEDERAL 13.271/16).

O escâner é capaz de detectar uma vasta gama de objetos escondidos no corpo ou em alimentos, bolsas e pacotes. É capaz de detectar desde armas e celulares, substâncias ilícitas, como drogas e explosivos, e a utilização do mesmo no sistema penitenciário funciona como uma alternativa a execução da revista íntima (NOBREGA, 2012).

O sistema carcerário admite como direito do detento, a visitação de familiares em um período específico, por isso ao chegarem ao local eram revistados corporalmente, com a utilização do escâner corporal esses familiares passam pelo escaneamento, deixando de passar pela revista vexatória. Esses visitantes têm o direito de levar alimentos e objetos de higiene ao detento, que serão entregues aos operadores para o imageamento em um escâner de mesa, com o objetivo de inibir a entrada de objetos ilícitos dentro do sistema prisional, sendo assim os agentes neste ambiente estão expostos à radiação ionizante.

Os equipamentos que utilizam radiação ionizante necessitam, segundo a legislação (NN 3.01), ser instalado em um gabinete blindado, com botões de emergência e lâmpada vermelha sinalizando a presença de radiação X, o que contribui também para a proteção radiológica dos indivíduos presentes no momento da exposição (VMI, 2017).

Contudo, ainda que dentro dos limites preconizados pela legislação, a exposição dos trabalhadores é inevitável. Portanto é necessário verificar níveis de medida preventiva e de segurança para a questão da saúde do trabalhador e do público em geral. Comprovar a eficácia das medidas protetivas presentes no equipamento bem como sua blindagem garante a qualidade e segurança do equipamento.

A análise da dose do ambiente emitida pelo escâner permitirá propor medidas que possam ser tomadas caso a dose limite seja ultrapassada. Tendo em vista a falta de uma legislação específica para utilização de escâner industrial em ambientes públicos, esta pesquisa poderá auxiliar na definição de condições de segurança, dos indivíduos ocupacionalmente expostos (IOE), além de contribuir com futuras investigações, medidas preventivas e pesquisadores que venham a se interessar pelo tema. A regulamentação da utilização de escâneres se faz necessária com a crescente demanda da utilização em aeroportos, complexos penitenciários, grandes eventos e até em repartições públicas.

1.3 OBJETIVO GERAL

Avaliar a dose de radiação ambiental emitida por escâner corporal e de mesa.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinaram-se os seguintes objetivos:

- a) Compreender o funcionamento do escâner corporal e de mesa
- b) Medir a dose ambiental de dois escâneres distintos de uma penitenciária de Santa Catarina.
- c) Propor condições de segurança para uso do equipamento, se necessário.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 DESENVOLVIMENTO DA RADIOLOGIA INDUSTRIAL

As áreas de aplicação da radiação ionizante na indústria convencional envolvem fontes radioativas, tubos geradores de raios X e aceleradores de partículas, utilizados no controle de processos e Ensaios Não-Destrutivos - END. (MARTINS, 1994).

Quando falamos em inspecionar peças para investigar defeitos internos, a Radiologia Industrial é um método que detecta com alta sensibilidade as descontinuidades mesmo com poucos milímetros de extensão. Utiliza-se a radiografia para comprovar a qualidade da peça ou componente, de acordo com os requisitos das normas. A Radiografia Industrial é uma área da radiologia Industrial que utiliza raios X e raios gama para visualizar e produzir a imagem de peças (ANDREUCCI, 2003).

Para Andreucci (2003), a radiografia é um método usado para inspeção não destrutiva que se baseia na absorção diferenciada da radiação penetrante pela peça que está sendo inspecionada. Ao projetar uma imagem do filme radiográfico, ela representa a "fotografia" interna da peça, o que nenhum outro ensaio não destrutivo é capaz de mostrar na radiologia industrial; ela desempenha um papel importante e de certa maneira insuperável na qualidade do produto inspecionado.

2.2 DESENVOLVIMENTO DOS EQUIPAMENTOS

Os equipamentos da radiologia industrial são muito utilizados em inspeção de soldas, estão presente no controle de qualidade de indústrias automotivas, indústrias navais, indústrias siderúrgicas, aviação e materiais bélicos. Também possui ampla aplicação nas indústrias de petróleo e petroquímicas, como a Petrobrás. (ANDREUCCI, 2003)

Os Raios X são produzidos em ampolas e os tamanhos das ampolas ou tubos variam de acordo com a tensão máxima de operação do aparelho. A superfície do alvo é atingida pelo fluxo eletrônico que provém do filamento, e é chamado de foco anódico. Para obterem-se imagens com boa nitidez, as dimensões desse foco

devem ser os menores possíveis, produzem calor consideravelmente, necessitando de refrigeração para que o ânodo não sobreaqueça (ANDREUCCI, 2003).

Segundo Andreucci (2003), os equipamentos são compostos de Unidade Geradora e Painel de Comando ou Cabeçote. No Painel de Controle se encontram todos os controles, indicadores, chaves e medidores, além do equipamento do circuito gerador de alta voltagem. É através desse painel que são feitos os ajustes de tensão e corrente e acionamento do aparelho radiográfico. Na unidade geradora ficam a ampola e dispositivos de refrigeração.

2.2.1 Escâner corporal

O escâner corporal foi criado em 1992, pelo físico e pesquisador americano Steve W. Smith. O escâner opera “varrendo” o corpo da pessoa com um feixe de raios X e, a partir daí, consegue-se identificar, através das roupas e nas cavidades corporais, objetos que muitas vezes não são detectados pelos detectores de metais. Devido ao tipo de raios X emitidos, a maior parte da radiação, ao atingir o corpo, reflete e volta na mesma direção em que veio, sendo capturada em um grande detector de raios X. “A informação gravada pelos detectores é transformada em imagem por um sistema de computação” (NOBREGA, 2012).

VMI (2017) explica que o indivíduo a ser inspecionado fica em uma posição fixa na plataforma móvel, com as costas voltadas o mais próximo possível para o detector. Quando é iniciada a inspeção, a esteira se movimenta, em direção à zona de inspeção e o indivíduo se move perpendicularmente ao feixe de raios X. O feixe passa pelo indivíduo e atinge o detector, que gera sinal elétrico de acordo com a energia do feixe de raios X recebido, essa energia é atenuada pela massa corporal e qualquer objeto que esteja sob ou dentro do corpo. O sinal elétrico é transferido através de uma placa de interface para o computador que realizará o processamento da imagem, após esse processamento será então exibida uma imagem de corpo inteiro e uma imagem do tronco do indivíduo inspecionado na tela do computador.

Figura 1 - Escâner Corporal – visão interna.



Fonte: Dados da autora (2018).

Ele tem a capacidade de detectar uma vasta gama de objetos escondidos no corpo, como armas, celulares e até mesmo pequenas quantidades de substâncias ilícitas, como drogas e explosivos. No sistema penitenciário, o escâner funciona como alternativa para substituir a revista íntima, entretanto esse equipamento custa caro e só pode ser utilizado após passar pela liberação e avaliação da CNEN (NOBREGA, 2012).

Figura 2 - Imagem obtida pelo escâner corporal



Fonte: Dados da autora (2018).

Segundo a VMI (2017) o equipamento de escâner corporal garante total segurança, possuindo itens de segurança como cabine de blindagem e painel de blindagem. Gerador de raios X e filtro de raios X são instalados em um gabinete blindado e um obturador de proteção de raios X, utilizado para bloquear os raios X do gerador. Botões de parada de emergência e lâmpada de sinalização vermelha indicando a emissão de raios X, quando acesa, também estão presentes. Caso o modelo do equipamento não possua cabine, é necessário que a distância ao redor do equipamento deva ser de 2 m de raio. A inspeção dura sete segundos, fazendo uma única imagem do corpo inteiro no caso do equipamento *Single view* e uma imagem de corpo inteiro e outra do tronco no caso do modelo *Dual View*.

O escâner corporal utilizado na instituição de pesquisa é o modelo Spectrum (Figura 3), e é composto por um gabinete de gerador que inclui mecanismo para ajuste do gerador de raios X com energia de 170 kV, colimador mecânico com obturador de proteção de raios X e dosímetro embutido e placas eletrônicas de controle. Sua estrutura mecânica possui um detector de raios X e uma plataforma móvel. O equipamento opera em seis modos selecionáveis, onde o modo 1 deve ser selecionado caso o indivíduo a ser inspecionado tenha massa corporal menor que 70 kg. O modo 2 quando o indivíduo tenha entre 70 kg e 90 kg. E o modo 3 para indivíduos acima de 90 kg. Os modos 4, 5 e 6 só devem ser utilizados em

caso de suspeita de corpo estranho no indivíduo e realizam uma imagem ampliada apenas do tórax.(VMI ,2017).

A estação de trabalho do operador encontra-se em uma sala separada do escâner, e é composta por um computador, duas telas e uma mesa de comando. As imagens são armazenadas quando suspeitas e comparadas a cada nova visita do mesmo familiar. O equipamento possui dispositivos de segurança como controle de dose por indivíduo, botão de emergência e interlocks nas portas, que desligam o equipamento em caso de abertura de uma das portas, durante o escaneamento. (VMI,2017).

Figura 3 - Escâner corporal



Fonte: Dados da autora (2018).

2.2.2 Escâner de mesa

Possui um sistema de inspeção por raios X de dupla energia, amplamente instalado em aeroportos, estações de trânsito, infraestruturas críticas, agências dos correios e grandes eventos em todo o mundo (Nucthec, 2012).

O escâner de mesa utilizado na instituição da pesquisa é da Nucthec Company Limited (2011), modelo CX 6040 BI (Figura 4). O CX6040BI é adequado para todas as aplicações de segurança e alfandegárias. Qualidade de imagem com alta resolução, detecção e alarmes de explosivos, sistema de raios X para projeção de imagem fornecendo uma solução prática para monitoramento do desempenho do operador e treinamento. Mede aproximadamente 2,42 m x 0,85 m e 1,03 m de altura, pesando em torno de 500 kg, sua velocidade de transporte é de 0,20 m/s e suporta até 160 kg, sua potencia é de 0.6 kVA, obedecendo aos padrões internacionais de segurança. Para classificação de material utiliza a cor laranja para orgânico, azul para metal e verde para material misturado, podendo detectar automaticamente a presença de drogas (Nucthec, 2012).

No escâner de mesa, os pacotes são colocados no interior de uma caixa de madeira que leva através de uma esteira até os detectores para o escaneamento dos alimentos, devolvendo pelo outro lado do aparelho.

Figura 4 - Escâner de mesa



Fonte: Dados da autora (2018).

2.3 LEGISLAÇÃO

No Brasil, a Comissão Nacional de Energia Nuclear CNEN é responsável por todos os aspectos que envolvem a utilização de material radioativo e aparelhos que geram radiação ionizante. A Radiologia Industrial segue as normas de segurança estabelecidas pela CNEN. Ela qualifica profissional através de provas, para serem supervisores de Proteção Radiológica. Esses profissionais devem possuir nível superior, tais como químicos, físicos, tecnólogos em radiologia ou engenheiros.

A Norma Nuclear 6.02 da CNEN, estabelecida pela Resolução nº 166/2014, esclarece sobre o licenciamento das instalações radioativas que utilizam fonte selada, fontes não seladas, equipamentos geradores de radiação ionizante e instalações radiativas para produção de radioisótopos. O objetivo dessa norma é

estabelecer requisitos para o licenciamento de instalações radioativas, como localização, projeto, segurança, construção, aquisição, etc.

Ainda segundo a NN 6.02, os escâneres se enquadram na Seção III desta norma, grupo 7, subgrupo 7B, que dispõe sobre os equipamentos que utilizam equipamentos geradores de radiação ionizante, que produzem feixe com energia maior que 0,10 MeV e menor ou igual a 0,60 MeV. Não necessita de um supervisor, pois não há uma legislação específica para o escâner. Todo equipamento de inspeção, precisa de uma licença junto a CNEN, para sua operação. Existe a necessidade de manter registros com todos os treinamentos realizados, e a unidade prisional deve definir o responsável para treinar novos operadores (CNEN NN 6.02).

2.4 PROTEÇÃO RADIOLÓGICA DO INDIVÍDUO OCUPACIONALMENTE EXPOSTO EM RADIOLOGIA INDUSTRIAL

Segundo a NN 3.01, a proteção radiológica segue os três princípios básicos: justificção, otimização e limitação de dose, sempre buscando a redução de doses. Na justificção, a utilização de uma fonte de radiação deve ser justificada, isto é, a prática associada a essa fonte deve produzir mais benefícios do que danos para os indivíduos expostos e para a sociedade. A otimização fala que a dose no paciente deve ser a menor possível, porém não perdendo a qualidade da imagem e sua exposição devem manter as doses tão baixas, quanto razoavelmente exequível, e os limites de dose devem ser respeitados para os trabalhadores e indivíduos do publico.

De acordo com a NN 3.01, as doses de radiação devem ser mantidas tão baixas quanto possa ser razoavelmente exequíveis, ou seja, a empresa deve investir recursos em medidas que se mostrem eficientes para reduzir as doses de radiação causadas pela sua atividade: compra de equipamentos adequados, manutenção preventiva e calibração dos mesmos, construção de blindagens, treinamento de pessoal, etc.

Conforme as normas de proteção radiológica, encontramos os limites anuais de dose para a radioproteção industrial. De acordo com a Norma Nuclear 3.01, Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica, também emitida pela CNEN, a dose efetiva anual de radiação recebida por um indivíduo do público não deve

ultrapassar 1 mSv. A dose efetiva anual para o indivíduo ocupacionalmente exposto não deve ultrapassar a média de 20 mSv por ano num período de 5 anos.

2.4.1 Fatores Essenciais em Proteção Radiológica

Para reduzir a dose da radiação ionizante, é fundamental ater-se ao tempo, à distância e à blindagem.

Segundo Tauhata et al (2014) quanto menor for o tempo de exposição, menor é o efeito causado pela radiação. A dose acumulada em uma pessoa exposta, a uma determinada dose, é diretamente proporcional ao tempo que ela permanece nessa área.

Apesar da carência de uma norma brasileira, específica para equipamentos emissores de raios X utilizados em segurança pública, o órgão regulador, previamente, definiu algumas regras para evitar o uso indiscriminado desta tecnologia, tais como: limitação de uso exclusivo para empresas públicas, avaliação dosimétrica dos modelos de escâner e estabelecimento de restrição de dose para o indivíduo do público inspecionado (0,5 mSv/ano) (NANTES ET AL, 2017).

Entre as normas estabelecidas pela CNEN os limites anuais de doses ficam estabelecidos em: IOE a dose efetiva no corpo inteiro é de 20 mSv, já a dose equivalente no cristalino é de 20 mSv; para pele, mãos e pés a dose é de 500 mSv. No indivíduo do público a dose efetiva é de 1 mSv no corpo inteiro, 15 mSv no cristalino e 50 mSv na pele, mãos e pés.

Para a NN 3.01, item 5.4.2.2, a exposição de gestantes deve ser controlada da forma que seja improvável que o feto receba uma dose superior a 1 mSv.

3 METODOLOGIA

O presente estudo teve abordagem quantitativa. A abordagem quantitativa faz a “coleta sistemática de informações que podem ser quantificadas em condições de controle, além de análise dessas informações por meio estatístico” (DYNIEWICZ, 2014, p. 92). O objetivo estabelecido é medir a quantidade de radiação ambiental emitida pelo scanner industrial. Para isso, torna-se necessário investigar a quantidade de dose que emite esse scanner, medir as doses trazem valores significativos para a realidade dos operadores de scanner, podendo assim, tomar as devidas medidas de proteção.

Essa pesquisa constitui-se do tipo exploratória, que “tem a finalidade de esclarecer e proporcionar uma visão geral em direções mais ampliadas acerca de um determinado fato” (DYNIEWICZ, 2014, p. 97), pois dentro da sua elaboração será necessário explorar o cotidiano desse local, bem como a exposição desse ambiente. Quanto a procedimentos técnicos, é considerada uma pesquisa de campo. A coleta de dados foi realizada através de uma pesquisa de campo em uma instituição penitenciária, em equipamentos do tipo escâneres corporal e de mesa. Nesse tipo de pesquisa “o pesquisador precisa ir ao espaço onde o fenômeno ocorre, ou ocorreu e reunir um conjunto de informações a serem documentadas” Segundo Gonsalves (2001, p. 67). Buscaram-se como suporte, autores que tratam sobre doses de radiações ionizantes de scanners, e radiologia industrial. No estudo desenvolvido foi analisado o ambiente em que essa radiação está presente, através do aparelho que emite essa radiação.

O estudo foi desenvolvido através de medidas de doses, por meio de dosímetros que foram fixados no ambiente, próximos e no entorno dos aparelhos, medindo assim a radiação emitida pelo escâner, que resultou em valores medidos de radiações ionizantes nesse ambiente e verificados se estão de acordo com as doses permitidas.

3.1 MÉTODOS APLICADOS

A pesquisa foi realizada em dois momentos, o primeiro onde foram feitos estudos bibliográficos, e o segundo onde foi realizada a pesquisa de campo em uma penitenciária de Florianópolis.

Após a solicitação aos responsáveis e dado o aceite, foi realizada uma visita às salas onde estão localizados os equipamentos, e foram definidas as estratégias de colocação dos dosímetros termoluminescentes (TLD). Optou-se por utilizar os TLDs uma vez que os mesmos possuem capacidade para memorizar a radiação absorvida por um longo período, o que evita alguma sazonalidade ou variação em relação a dias da semana com mais ou menos movimento, além de um custo baixo e alta confiabilidade.

Os TLD foram colocados nos pontos previamente definidos após a visita e fixados com fita e um lacre, a fim de garantir que os mesmos não fossem removidos do local durante a pesquisa.

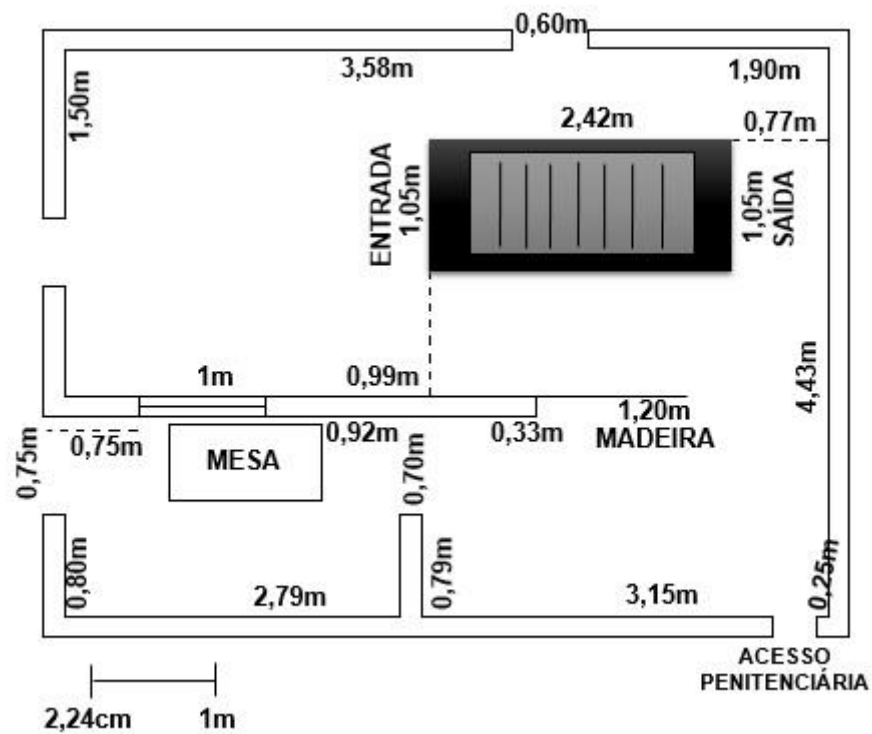
Após o período definido de exposição, 28 dias durante 24 h por dia, os mesmos foram enviados a um serviço de leitura dosimétrica para se apurar a dose recebida. Essa foi à única medida utilizada, ou seja, não houve média de outras medidas.

Um dosímetro padrão foi instalado fora da área/sala de irradiação dos equipamentos, a fim de obter o valor de background do local e garantir maior confiabilidade nos valores medidos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

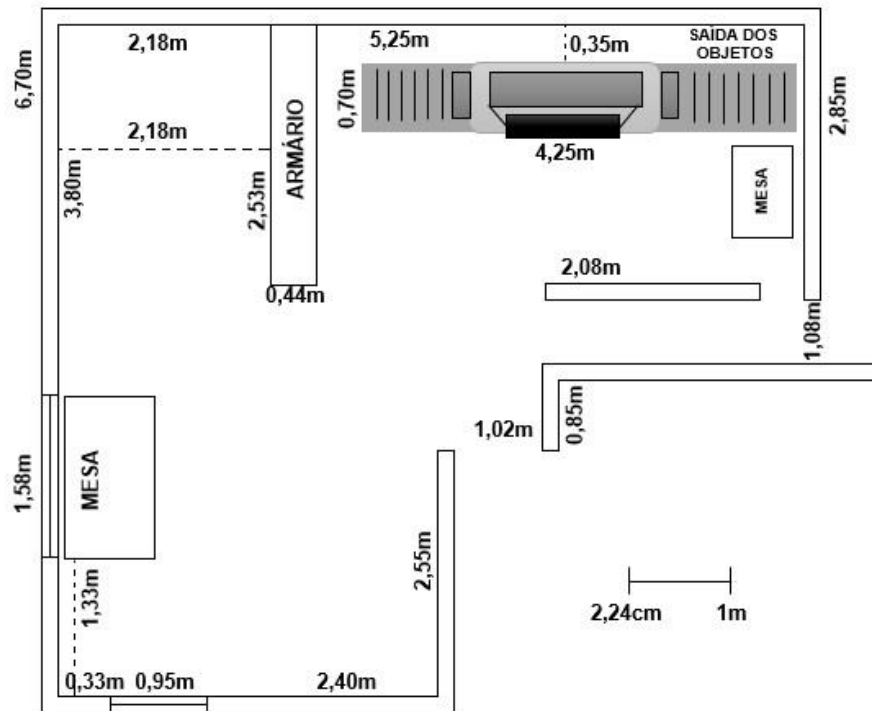
Na primeira visita a instituição, foi realizado o reconhecimento das salas onde se encontram os escâneres e desenhada uma planta baixa do local para o planejamento dos pontos a serem fixados os dosímetros TLD's.

Figura 5 - Planta baixa da localização do escâner corporal



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Figura 6 - Planta baixa da localização do escâner de mesa

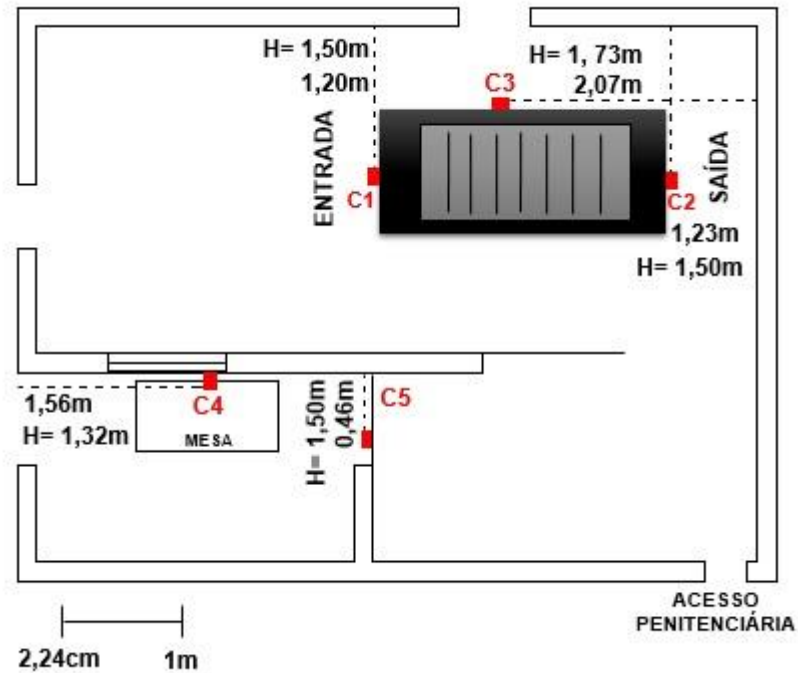


Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Para escolha dos pontos foram observados em cada sala os locais onde os agentes permanecem por mais tempo, durante os procedimentos executados, bem como o local onde os agentes recebem os alimentos e objetos a serem entregues aos detentos. Após análise estabeleceu-se a quantidade e os pontos onde seriam fixados os dosímetros.

Para o escâner corporal definiu-se a quantidade de 5 dosímetros localizados conforme a figura 7 e descritos na tabela 1.

Figura 7 - Localização dos dosímetros do escâner corporal



Fonte: Dados da autora (2018).

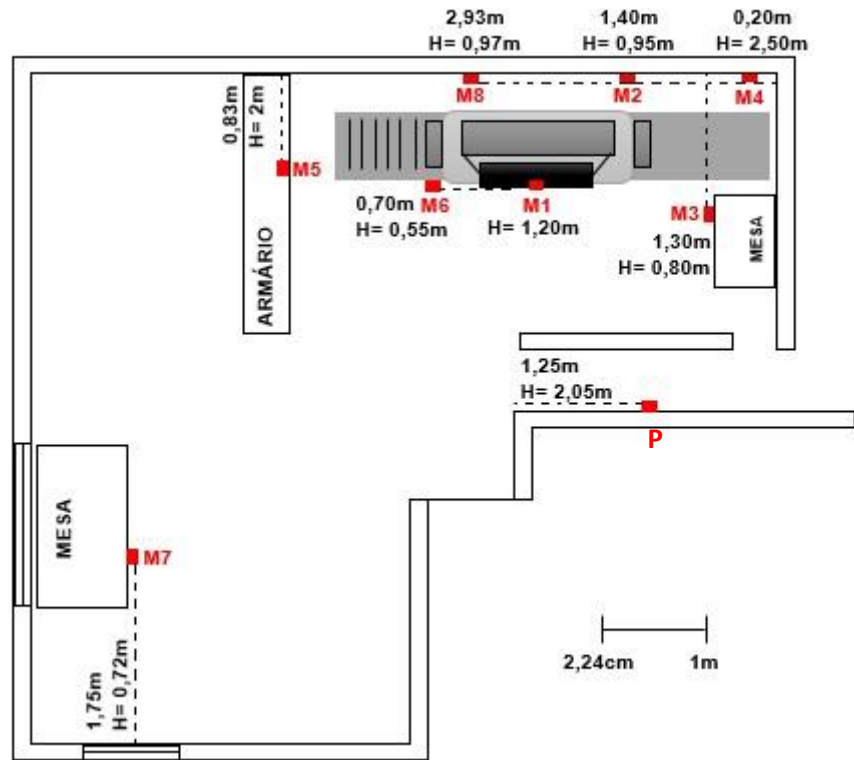
Tabela 1 - Local de fixação dos dosímetros no escâner corporal

Identificação para pesquisa	Local	Código do Dosímetro
C1	Porta de entrada	D10
C2	Porta saída	D09
C3	Parte lateral	D11
C4	Vidro	D12
C5	Madeira (parede ao lado computador)	D13
Total	5	

Fonte: Dados da autora (2018).

Já para o escâner de mesa foi definido 8 dosímetros localizados conforme a figura 8, descrito na tabela 2. Com a fixação do dosímetro padrão **P** no corredor, totalizaram 14 dosímetros TLDs fixados na instituição.

Figura 8 - Localização dos dosímetros do escâner de mesa



Fonte: Dados da autora (2018).

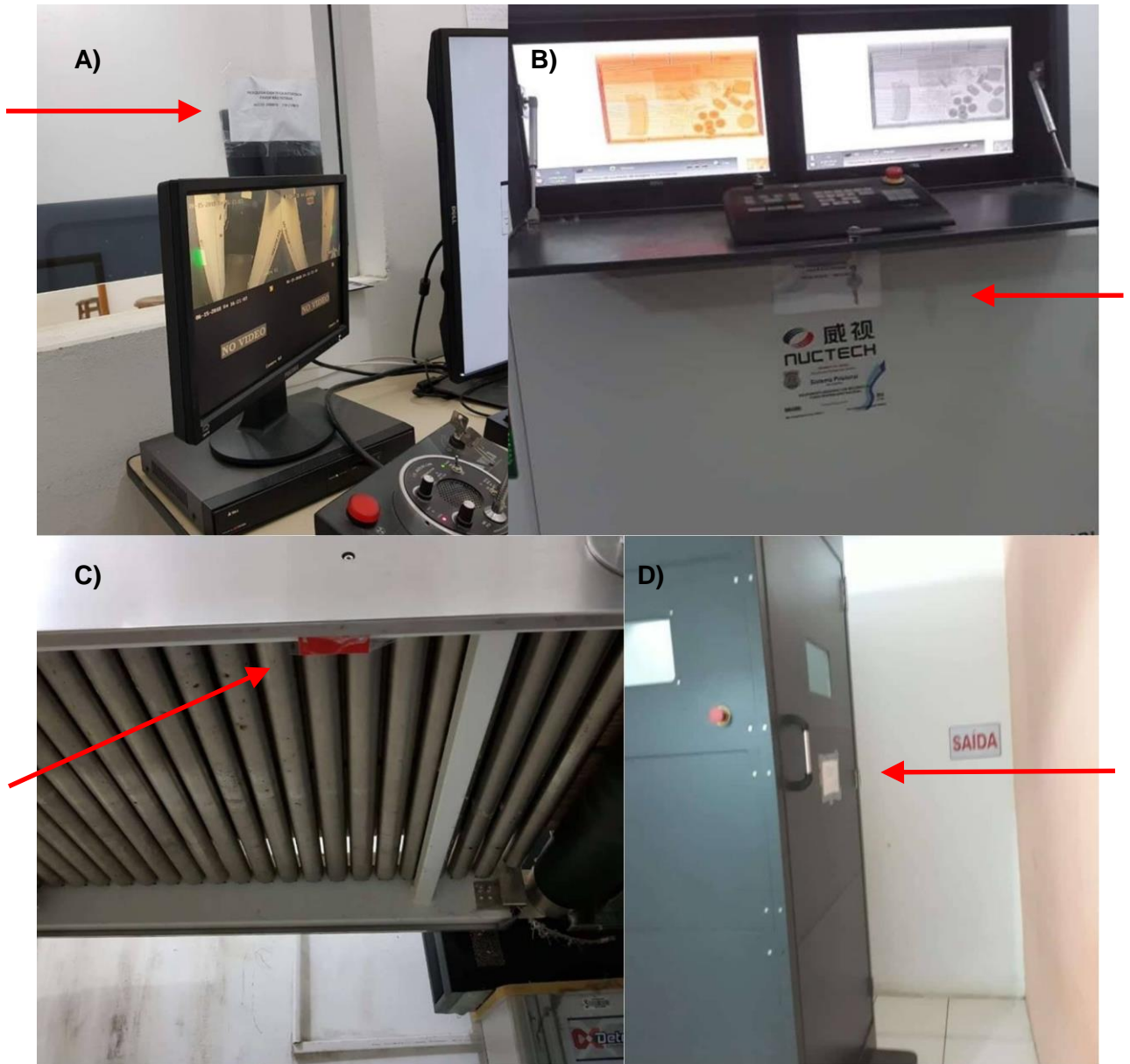
Tabela 2 - Local de fixação dos dosímetros no escâner de mesa

Identificação	Local	Dosímetros
M1	Painel de comando	D1
M2	Saída de alimentos	D2
M3	Mesa revista dos alimentos	D3
M4	Teto (canto da sala)	D4
M5	Armário parte superior	D5
M6	Entrada escâner	D6
M7	Mesa da Janela (parte inferior)	D7
M8	Parte posterior do escâner (parede)	D8
P	Corredor que antecede as salas dos escâneres	D14
Total	9	

Fonte: Dados da autora (2018).

Na segunda visita ao local da pesquisa, foram então fixados os dosímetros conforme ficou estabelecido no primeiro momento.

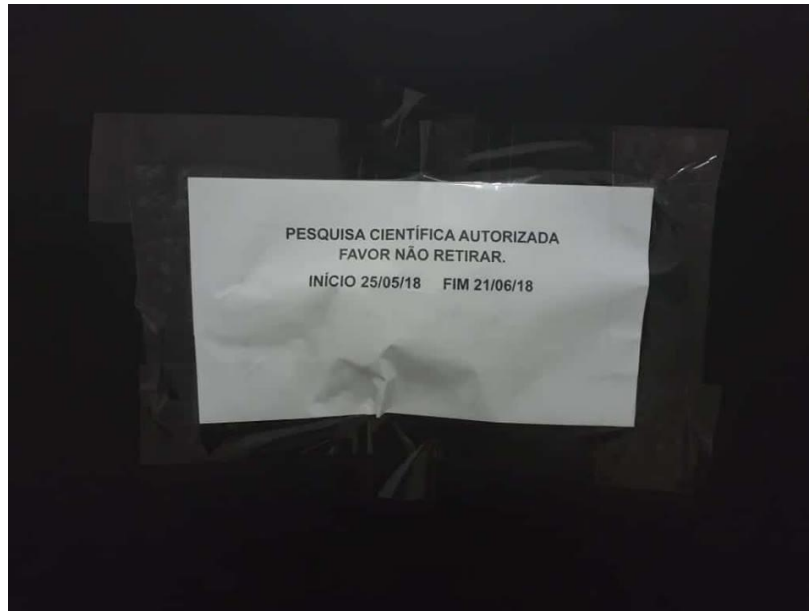
Figura 9 - Dosímetro C4(A). Dosímetro M1 (B). Dosímetro M3(C). Dosímetro C2(D).



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Foram utilizados para fixação dos mesmos, fita adesiva transparente colocada como lacres com a descrição da pesquisa, para que não houvesse riscos de serem retirados dos devidos locais.

Figura 10 - Lacs para fixação dos dosímetros



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

4.1 MEDIDAS AMBIENTAIS

Após 28 dias, os dosímetros foram retirados do local, onde se verificou que nem um lacre havia sido violado, garantindo a integridade da pesquisa.

Figura 11 - Dosímetro fixado com fita transparente



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Foram então enviados via Sedex, para a empresa Metrobrás (Jardinópolis, SP), que realizou a leitura dos 13 dosímetros, mais o padrão. Após a leitura, foi enviado à pesquisadora o relatório de dose com os seguintes valores:

Tabela 3 - Resultados da dose de Radiação escâner de mesa

Identificador	Local	Valor da dose
M1	Painel de comando	< 0,2 mSv
M2	Saída de alimentos	< 0,2 mSv
M3	Mesa revista dos alimentos	< 0,2 mSv
M4	Teto (canto da sala)	< 0,2 mSv
M5	Armário parte superior	< 0,2 mSv
M6	Entrada escâner	< 0,2 mSv
M7	Mesa da Janela (parte inferior)	< 0,2 mSv
M8	Parte posterior do escâner (parede)	< 0,2 mSv

Fonte: Dados da autora (2018).

Tabela 4 - Resultados da dose de Radiação do escâner corporal

Identificador	Local	Valor da dose
C1	Porta de entrada do escâner corporal	< 0,2 mSv
C2	Porta de saída	< 0,2 mSv
C3	Parte lateral	< 0,2 mSv
C4	Vidro	< 0,2 mSv
C5	Madeira (parede lado do computador)	< 0,2 mSv
P	Corredor que antecede as salas de escâneres	< 0,2 mSv

Fonte: Dados da autora (2018).

Todos os valores obtidos estão abaixo do nível de detecção do laboratório e indica que as doses ambientais estão no mesmo valor que a radiação ambiente. Desta forma verifica-se que os equipamentos possuem uma blindagem adequada, não havendo fuga de radiação e assim os servidores não estão sujeitos à radiação de fuga, não recebendo nenhum valor de dose efetiva.

Esses valores eram esperados tendo em vista que, por exemplo, no escâner corporal a dose emitida por cada escaneamento é no máximo de 2,86 μ Sv para uma paciente acima de 90 kg (tabela 5). Assim, por exemplo, um visitante que

vai ao presídio duas vezes por semana (2 inspeções na semana), e 50 semanas ao ano, seria submetido a 100 inspeções anuais.

Isto equivale a uma dose anual de 286 μSv , abaixo da dose anual permitida de 500 μSv ao ano (NN 3.01). Assim, o servidor que estará mais protegido pela blindagem do aparelho do que o visitante que estará recebendo a radiação diretamente estará sujeito a uma radiação de fuga pelo menos uma centena de vezes menores, muito abaixo do limite.

Tabela 5 – Modos de operação do escâner corporal

Modo de operação	Dose por inspeção (μSv)	Escaneamentos permitidos por ano
Modo 1 (inspeção de corpo inteiro)	1,31	382
Modo 2 (inspeção de corpo inteiro)	2,16	231
Modo 3 (inspeção de corpo inteiro)	2,86	175
Modo 4 (inspeção de torso)	8,71	57
Modo 5 (inspeção de torso)	11,87	42
Modo 6 (inspeção de torso)	13,19	38

Fonte: VMI Security (2017).

OBS. O modo 1 deve ser selecionado caso o indivíduo a ser inspecionado tenha massa corporal menor que 70 kg. O modo 2 quando o indivíduo tenha entre 70 kg e 90 kg. E o modo 3, para indivíduos acima de 90 kg. Os modos 4, 5 e 6 só devem ser utilizados em caso de suspeita de corpo estranho no indivíduo.

Além dessa dose mínima medida, os agentes realizam um procedimento de revezamento a cada novo escaneamento no escâner de mesa, que diminui ainda mais a possível dose a que estão sujeitos. Também foi possível verificar que nenhuma posição próxima aos aparelhos merece atenção especial do ponto de vista de proteção radiológica.

5 CONCLUSÃO

Tendo em vista a falta de uma legislação específica para utilização de escâner industrial em ambientes públicos, esta pesquisa poderá auxiliar na definição de condições de segurança, dos indivíduos ocupacionalmente expostos (IOE), além de contribuir com futuras investigações, medidas preventivas e pesquisadores que venham a se interessar pelo tema.

Por ser mínima a dose encontrada, os servidores estão protegidos, pois os equipamentos seguem a devida legislação cumprindo os requisitos determinados pela CNEN. Este estudo comprova a eficácia dos equipamentos utilizados na instituição penitenciária e espera-se que mais equipamentos sejam implantados no estado de SC, ressalta-se que todo equipamento deve ser utilizado nas condições específicas pelo fabricante.

É importante que os profissionais possuam condições adequadas no local de trabalho, recebendo sempre treinamentos específicos que englobem conhecimentos básicos sobre proteção radiológica. Mesmo com doses mínimas de exposição, é de extrema importância que os IOES utilizem medidas de proteção radiológica, ficando menor tempo exposto, mantendo maior distância da fonte e realizando rodizio a cada escaneamento.

REFERÊNCIAS

ANDREUCCI, Ricardo. INICIAÇÃO À RADIOLOGIA INDUSTRIAL. 2006. Disponível em: <<https://www.abendi.org.br/abendi/Upload/file/Radiologia-Jul-2014.pdf>>. Acesso em: 19 out. 2017.

BRASIL. Lei nº 13.271, de 15 de abril de 2016. Dispõe sobre a proibição de revista íntima de funcionárias nos locais de trabalho e trata da revista íntima em ambientes prisionais. **Ministério da Justiça**, Brasília, 15 abr 2016. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=1&data=18/04/2016>> Acesso em: 30 set 2017.

BECKHAUSER, Regina; CORSI, Lilian; TORRES, Renata Himovski. NOVAS TÉCNOLOGIAS- EXPOSIÇÃO À RADIAÇÃO E O BODY SCAN. **I seminário estadual sobre saúde prisional e políticas públicas**, Paraná, p.1-1, 10 maio 2017.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Norma CNEN-NN-3.01, de 17 de dezembro de 2004. Diretrizes básicas de **Proteção Radiológica. Comissão Nacional de Energia Nuclear, Brasília**, 18 dez. 2004. Disponível em: <<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf>> Acesso em: 30 set 2017

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **NORMA CNEN NN 6.02 RESOLUÇÃO 166: LICENCIAMENTO DE INSTALAÇÕES RADIATIVAS**. 8 ed. Brasília, 2014. 25 p.

DYNIEWICZ, Ana Maria. **Metodologia da Pesquisa em Saúde para Iniciantes**. 3. ed. Florianópolis: Difusão, 2014.

GONSALVES, Elisa Pereira. **Iniciação à Pesquisa Científica**. Campinas: Alínea, 2001. 80 p.

INSPEÇÕES, Startec - Assessoria Técnica e. **Radioproteção e Radiologia Industrial – o emprego de Radiação Ionizante no dia a dia**. 2017. Disponível em: <<http://www.endstartec.com.br/radioprotecao-radiologia-industrial>>. Acesso em: 17 out. 2017.

LIMITED, Nuctech Company. **X-RAY INSPECTION SYSTEM**. 2012. Disponível em: <<http://:cx6040bi-x-ray-inspection-system.pdf>>. Acesso em: 28 jun. 2018.

NANTES, T. A.; LIMA, C. M. Araujo de; LIMA, A. R. **Avaliação dos Impactos Inerentes ao uso de Tecnologia de Inspeção Corporal por Raios X no Sistema Penitenciário**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA, 6., 2017, Goiania. Artigo. 2017. p. 1 - 4.

NÓBREGA, Fabiana Silva da. **A REVISTA INTIMA NO SISTEMA PENITENCIÁRIO E O CONFLITO COM O PRINCÍPIO DA DIGNIDADE DA PESSOA HUMANA**. 2012. 38 f. TCC (Graduação) - Curso de Direito, Universidade Federal do Rio Grande do Norte Centro de Ensino Superior do Seridó, Caicó, 2012.

NUCHTECH. **Inspeção de Bagagens & Encomendas**. 2011. Disponível em: <<http://www.nuctech.com/br/SitePages/ThListPage.aspx?nk=PAS&k=IHHCAF>>. Acesso em: 20 set. 2017.

OKUNO, Emico. Efeitos biológicos das radiações ionizantes: Acidente radiológico de Goiânia. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 27, n. 77, p.185-199, 2013
TAUHATA, Luiz et. al. **Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos**. 10ª revisão. Rio de Janeiro: IRD/CNEN, 2014.

SECURITY, Vmi. **Spectrum BodyScan**. 2017. Disponível em: <<http://vmisecurity.com/pt-br/product-detail/spectrum-bodyscan/>>. Acesso em: 22 set. 2017.