

LARISSA DIAS GONÇALVES

Análise de Periculosidade e Insalubridade na Operação de Um Equipamento  
de Radiografia Industrial Auto Blindante

São Paulo

2016

LARISSA DIAS GONÇALVES

ANÁLISE DE PERICULOSIDADE E INSALUBRIDADE NA OPERAÇÃO DE UM  
EQUIPAMENTO DE RADIOGRAFIA INDUSTRIAL AUTO BLINDANTE

Monografia apresentada à Escola  
Politécnica da Universidade de  
São Paulo para a obtenção do  
título de Especialista em  
Engenharia de Segurança do  
Trabalho

São Paulo

2015

Dedico esse trabalho às pessoas que, de maneira ou outra, sempre me incentivaram aos estudos e aperfeiçoamento intelectual e moral.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a mim mesma, pela paciência, persistência e superação.

Às leis da natureza presente em todo Universo, a que muitos chamam de Deus.

À minha família, amigos e colegas de trabalho que sempre me apoiaram, especialmente a minha companheira Gisele Bittencourt.

“Nada na vida deve ser temido, apenas  
compreendido. Sendo assim, vamos  
compreender mais para temer menos”.

(Autor Desconhecido)

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo analisar a caracterização da periculosidade e insalubridade de uma atividade de operação de um equipamento de radiografia industrial auto blindante. O método para o desenvolvimento do estudo utilizou-se de: entrevistas com os operadores, levantamento radiométrico e coletas de dados do arquivo do serviço de radioproteção da empresa. A avaliação quantitativa ambiental foi realizada através de medições do nível de radiação com um Geiger Muller de modelo 6150 AD 6/H, nos pontos de referência pré definidos por analogia a NH05 e orientações da CNEN. O uso de dosímetros TLD facilitou o levantamento do histórico de doses mensais do ano de 2015. Apesar da empresa em estudo possuir cinco operadores dosimetrados aptos à operar o equipamento emissor, somente um deles trabalha de forma intermitente/permanente. Porém, pela inexistência de evidências da eventualidade dos demais operadores, o tempo de exposição intermitente/permanente se estende para todo o grupo de dosimetrados. Os resultados constatados foram: embora os operadores estejam expostos a RI de modo permanente/intermitente, os níveis de RI da avaliação quantitativa são inferiores ao limite legal com base na NR 15 e na norma 3.01 da CNEN, sendo assim a operação do equipamento de radiografia industrial autoblindante é considerada salubre, neste quesito. Como a Portaria 3393/87 não fixou limites de tolerância para atividade de radiografia industrial e outras atividades que envolvam radiações ionizantes, verifica-se que a operação de radiografia industrial autoblindante da empresa em estudo é perigosa. Assim, o trabalho teve seu objetivo de analisar a existência de periculosidade e insalubridade da operação de um equipamento de radiografia industrial auto blindante foi atingido.

**Palavras-Chave:** Periculosidade. Insalubridade. Radiação ionizante. Proteção Radiológica. Radiografia Industrial.

## ABSTRACT

The present work was with the object analyzing the characterization of risk premium and unhealthiness conditions of the operating activity of an industrial radiography equipment. The method for the development of the study was used to: interviews with operators, radiometric survey and collection of company radioprotection file data. Quantitative assessment was performed using radiation level measurements with a Geiger Muller model 6150 AD 6/H, the reference points predefined by analogy to NH05 and guidelines CNEN. The TLD dosimeters use facilitated monthly doses of history survey 2015. Although the Company in Study has five metered operators able to operate the equipment, only one theirs works intermittently / permanently. However, for evidence of absence of the possibility of other operators, the pace of intermittent / permanent exhibition extends to all metered-dose group. The results observed were: although operators are exposed to IR permanent / flashing mode, RI levels of the quantitative evaluation are inferior to the limit legally in NR 15 and the standard 3.01 CNEN, being so an operation equipment industrial radiography is considered healthiness, this question. As an ordinance 3393/87 not set tolerance limits paragraph industrial radiography activity and other activities that involve ionizing radiation, there is an enterprise of industrial radiography blindante operation is risk premium.

**Keywords:** Risk Premium. Unhealthiness. Ionizing radiation. Radiological Protection. Industrial Radiography.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABHO – Associação Brasileira de Higiene Ocupacional

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

ANR – Abaixo do Nível de Registro

BG – *Back Ground*

CLT – Consolidação das Leis do Trabalho

CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear

EPI – Equipamento de Proteção Individual

Gy – Gray

DNA – *Deoxyribonucleic Acid*

MTPS – Ministério do Trabalho e Previdência Social

NH – Norma de Higiene

NR – Norma Regulamentadora

IAEA – International Atomic Energy Agency

ICRP – International Commission on Radiological Protection

IOE – Indivíduo Ocupacionalmente Exposto

PGR – Plano Geral de Radioproteção

RI – Radiação Ionizantes

SAR – Síndrome Aguda da Radiação

Sv – Sievert

TLD – Termoluminescente

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Espectro eletromagnético.....	16
Figura 2 - Radiodermite.....	21
Figura 3 - Irradiador.....	26
Figura 4 – Ampola de Raio X .....	27
Figura 5 – Equipamento autoblindante.....	27
Figura 6 - Limites de doses anuais.....	36
Figura 7 - Pontos de referência para levantamento radiométrico.....	41
Figura 8 - Estação de controle do equipamento em estudo .....	44
Figura 9 - Cabine blindante, estação fixa de monitoração e comando bimanual .....	45
Figura 10 - Layout da sala de radiografia industrial.....	48
Figura 11 - Histórico de doses dos operadores em 2015.....	50
Figura 12 - Resumo das medições do levantamento radiométrico.....	51

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	12
1.1. OBJETIVO .....	13
1.2. JUSTIFICATIVA.....	13
2. REVISÃO DA LITERATURA .....	15
2.1 RISCO FÍSICO .....	15
2.1.1. Radiações Ionizantes .....	15
2.1.1.1 Princípio Físico.....	16
2.1.1.2. Consequências Biológicas .....	18
2.1.1.2.1 Somáticos e Hereditários .....	20
2.1.1.2.2 Imediatos e Tardios .....	21
2.1.1.2.3 Efeitos Determinísticos e Estocásticos.....	22
2.2. RADIOGRAFIA INDUSTRIAL.....	24
2.2.1. Gamagrafia e o Equipamento Auto Blindante .....	25
2.3. REQUISITOS LEGAIS.....	28
2.3.1. Insalubridade – NR 15.....	29
2.3.2. Periculosidade – NR 16.....	33
2.3.3. Normas CNEN.....	34
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	40
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	43
4.1. ESTRUTURA FÍSICA .....	43
4.2. OPERADORES E SUAS ATIVIDADES .....	46
4.3. HISTÓRICO DE DOSES .....	49
4.4. LEVANTAMENTO RADIOMÉTRICO.....	50
5. CONCLUSÕES .....	54
REFERÊNCIAS.....	55

ANEXOS .....	58
--------------	----

## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento do conhecimento proporciona novas tecnologias que são utilizadas na busca de sistemas produtivos cada vez mais eficientes e eficazes.

A aplicação da radiação ionizante vem se alavancando desde sua descoberta em 1987. Vários benefícios foram encontrados com a aplicação desse recurso. Na medicina que, inicialmente, utilizou-a em radiodiagnósticos, também realiza tratamento de tumores. Na indústria, além da obtenção de energia, emprega o recurso como controle de processo e de qualidade. E a ciência aprofunda estudos de investigação atômica e suas aplicações.

Apesar dos grandes benefícios, graves acidentes aconteceram no cenário mundial. Em nosso país, o de maior proporção aconteceu em Goiânia, onde pessoas tiveram acesso a um material radioativo que foi abandonado por uma clínica de radioterapia. Essa situação resultou no maior acidente radioativo em meio urbano, com 4 mortes e centenas de pessoas expostas. Desde então, 1987, muitas modificações foram deliberadas, como a criação da CNEN, Comissão Nacional de Energia Nuclear, (instituição que normatiza e fiscaliza o uso e produção de energia nuclear no Brasil) e a modificação de leis, inclusive da norma regulamentadora 16, considerando perigosas muitas práticas usuárias de radiação ionizante.

Por isso, as utilizações dessas novas técnicas sempre necessitam de uma extensa análise prévia, definição de procedimentos específicos para atendimento de segurança do trabalho e meio ambiente.

Assim, é pertinente a realização da caracterização da insalubridade e periculosidade aplicada na operação de um equipamento de radiografia industrial.

## 1.1. OBJETIVO

O desenvolvimento desse estudo, de maneira geral, visa analisar a existência da periculosidade e da insalubridade para a função de operador de um equipamento de radiografia industrial auto blindante de uma empresa de fundição de grande porte.

## 1.2. JUSTIFICATIVA

De maneira ampla, o estudo da incidência de periculosidade e insalubridade de suas funções é muito importante para as empresas. Os sócios e administradores são os principais responsáveis por toda a estrutura física da empresa além da saúde dos trabalhadores, incluindo a identificação e caracterização dentro dos requisitos legais, da existência ou inexistência de periculosidade e insalubridades nas atividades exercidas pelos seus empregados e prestadores de serviço.

A empresa que não atender aos requisitos legais, em situações extremas, pode atingir de forma negativa os negócios, inviabilizando o desenvolvimento econômico e o crescimento da organização. Pois, poderá sofrer reclamatórias trabalhistas (passivo trabalhista), fiscalizações dos órgãos públicos e comprometer a relação empresa-clientes-parceiros, uma vez que os clientes, por responsabilidade social e legal, auditam seus fornecedores em todos os quesitos, principalmente os legais.

O profissional de supervisão de proteção radiológica da prática de radiografia, devidamente certificado pela CNEN, possui amplo conhecimento das normas relativas à energia nuclear e radioproteção em seu contexto de uso. Essa formação aliada aos conhecimentos de engenharia de segurança do trabalho possibilita, além da ampliação da sua área de conhecimento, a aplicação das suas habilidades na área nuclear e da legislação de segurança

do trabalho vigentes no que tange as práticas com radiação ionizante utilizadas, de maneira mais concreta visando a proteção do trabalhador, pessoas do público e meio ambiente.

Portanto, o presente estudo justifica-se por ser uma importante ferramenta de gestão que servirá de base para implementações de engenharia objetivando, o aumento de produtividade, a diminuição de riscos aos trabalhadores, prestadores de serviço e meio ambiente que estejam inseridos com a prática de radiografia industrial.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 RISCO FÍSICO

No ambiente de trabalho, o homem pode estar exposto a alguns agentes físicos que estão em formas de energias relacionadas a sistemas ou a equipamentos. O organismo humano pode estar exposto a ondas de natureza mecânica (ruído, ultrassom e infrassom), forças ou esforços (vibrações mecânicas), interações elétricas, magnéticas e eletromagnéticas (ionizantes e não ionizantes), partículas subatômicas (ionizantes), interações térmicas diretas (calor e frio) e variações de pressão<sup>1</sup>.

#### 2.1.1. Radiações Ionizantes

As radiações, de um modo geral, são ondas eletromagnéticas ou partículas que se propagam em alta velocidade, portando energia e eventualmente, portando carga elétrica e magnética, e que, ao interagir podem produzir variados efeitos sobre a matéria. Elas podem ser geradas por fontes naturais ou por dispositivos construídos pelo homem<sup>2</sup>.

As radiações são divididas em ionizantes e não ionizantes. O espectro magnético da Figura 1 mostra a diferença entre elas. A radiação não ionizante possui menor frequência e, por sua vez, menor energia, como exemplo a luz, micro-ondas, ondas de rádio, laser, entre outros. Ao contrário, as radiações ionizantes possuem energia suficiente para ionizar o meio de propagação, devido ao comprimento de onda ser inferiores a 100 nm. A ionização se deve

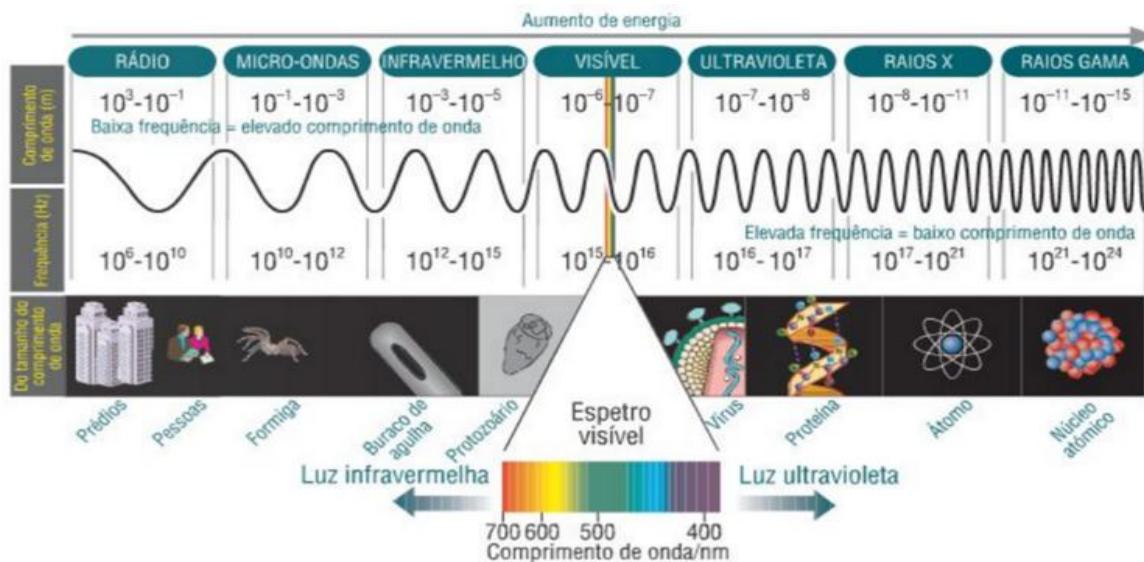
---

<sup>1</sup> UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, Programa de Educação Continuada – **Apostila eST 202 “Higiene do Trabalho – Parte B”**, capítulo 06, p.2. São Paulo, 2014.

<sup>2</sup> SEGURANÇA E TRABALHO ON LINE. **Radiações Ionizantes: Aplicações e Cuidados.** Disponível em <<http://www.segurancaetrabalho.com.br/download/rad-ioniz-cuidados.pdf>> Acesso em: 05 fevereiro 2016.

ao fato dessas radiações possuírem alta energia (maior frequência), o suficiente para quebrar as ligações químicas ou expulsar elétrons dos átomos após colisões<sup>2</sup>.

**Figura 1– Espectro eletromagnético**



FONTE: COSTA, 2014.

#### 2.1.1.1 Princípio Físico

As radiações ionizantes podem ser originárias de fonte natural<sup>3</sup> ou artificial<sup>4</sup>. As de origem natural estão presentes em nosso planeta desde sua origem, podemos identificar essa radiação de Fundo, também chamada de *Back Ground (BG)* pela medida indicada nos medidores de radiação sem presença de fontes conhecidas<sup>5</sup>.

<sup>3</sup> Materiais naturalmente radioativos são encontrados na natureza, emitem ondas e partículas devido a sua instabilidade nuclear. (Apostila Educativa, p.22)

<sup>4</sup> Materiais estáveis que depois de bombardeados por nêutrons em aceleradores de partículas ou reatores nucleares equipamentos emissores, tornam-se radioativos; são produzidos pelo homem.

<sup>5</sup> NOUALHETAS, Yannick. **Radiações Ionizantes e a Vida – Apostila Educativa**. CNEN. Disponível em <<http://www.cnen.gov.br/images/cnen/documentos/educativo/radiacoes-ionizantes.pdf>>. Acesso em: 21 fevereiro 2016.

Essas fontes, sejam artificiais ou naturais, emitem radiações particuladas ou ondulatórias. As radiações particuladas possuem massa. São elas: as radiações beta, alfa e nêutrons. Já as radiações por ondas, transportam sua energia por campos magnético e elétrico, por isso chamam-se ondas eletromagnéticas. São elas: Raios X e Raios Gama<sup>6</sup>.

Os Raios Gama possuem mesmas características dos Raios X, diferenciando-se entre si somente pela origem. Os Raios Gama são emitidos pelo núcleo devido a instabilidade. Já os Raios X são provenientes da eletrosfera, podendo ser resultado da própria instabilidade atômica ou da interação energética com a eletrosfera do átomo<sup>5</sup>.

Dispositivos elétricos denominados de tubos de raios X, ou ampola, geram Raios X. Sua constituição é, basicamente, formada por um filamento que produz elétrons por emissão termoiônica (catodo), os quais são acelerados fortemente por uma diferença de potencial elétrica (kilovoltagem) até um alvo metálico (anodo), onde colidem e são freados emitindo essa radiação, também chamada de Radiação De Bremsstrahlung<sup>7</sup>.

Os Raios X característicos são originários da eletrosfera, possuem alta energia e são resultantes da excitação ou ionização do átomo, após interação com uma radiação ionizante. Basicamente, elétrons das camadas externas fazem transições para ocupar lacunas produzidas pelas radiações nas camadas internas, próximas do núcleo, emitindo o excesso de energia sob a forma de raios X. Essas energias das transições são discretas, características da estrutura de cada átomo e podem ser utilizadas para a sua identificação do átomo<sup>2</sup>.

Pelo fato dos Raios X possuírem iguais características físicas que os Raios Gama, diferenciando entre si somente pela sua origem, os efeitos

---

<sup>6</sup> IPEN. **Noções Básicas de Proteção Radiológica.** Disponível em <<http://www.engeworks.com.br/arquivos/PROTE%C3%87%C3%83O%20RADIOL%C3%93GICA.pdf>>. Acesso em 21/02/16.

<sup>7</sup> CARDOSO, Elieser de Moura. **Energia Nuclear e suas Aplicações.** Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br/images/cnen/documentos/educativo/apostila-educativa-aplicacoes.pdf>>. Acesso em: 21 fevereiro 2016.

decorrentes de ambas exposições são análogos. A intensidade dos efeitos dependerá da energia de aceleração dos elétrons.

### 2.1.1.2. Consequências Biológicas

Primeiramente, em virtude das diversas dúvidas, torna-se necessário esclarecer a diferença entre irradiação e contaminação. Uma contaminação radioativa ou não, caracteriza-se pela presença de um material em determinado local. A irradiação é a exposição de um objeto ou de um corpo à radiação, sem que haja contato direto com a fonte de radiação. Sendo assim, um indivíduo exposto não se torna uma fonte radioativa, caso não tenha contato com a substância radioativa. Ora, se um equipamento somente emite radiação, que é o caso da radiografia industrial, quando ligado poderá somente irradiar coisas ou pessoas, sendo impossível contaminá-los, já que não há presença de material radioativo<sup>7</sup>.

Os efeitos biológicos resultantes a radiação ionizantes acontecem em uma sequência de estágios. Primeiramente, no estágio físico ocorre a ionização de um átomo, em cerca de 10 a 15 segundos. Logo após, em um intervalo de 6 a 10 segundos, o estágio físico-químico, há quebras das ligações químicas de moléculas que sofreram ionização. Posteriormente, os fragmentos da molécula se ligam a outras moléculas, com duração de poucos segundos (estágio químico). Só assim o estágio biológico, que pode durar longo período, surgindo efeitos bioquímicos e fisiológicos com alterações morfológicas e funcionais dos órgãos<sup>8</sup>.

Ao correlacionar essa transferência de energia das RI, radiações ionizantes, com efeitos biológicos, é necessário discutir sobre algumas grandezas físicas, dentre elas a exposição, dose absorvida e dose equivalente.

---

<sup>8</sup> OKUNO, Emico. **Efeitos biológicos das radiações ionizantes. Acidente radiológico de Goiânia.** 2013. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142013000100014&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142013000100014&script=sci_arttext)>. Acesso em: 11fevereiro 2016.

A grandeza exposição corresponde à quantidade de cargas elétricas liberadas em uma massa de ar devido à radiação incidente; possui Roentgen (R) como unidade antiga, onde 1 R equivale a 0,258 C/kg ( C/kg =Coulomb por quilo)<sup>9</sup>.

A dose absorvida (Gray) é a medida da energia da radiação absorvida por uma determinada massa de matéria. Essa grandeza considera as diferentes interações de cada IR, ponderando a grandeza exposição. A unidade de Dose Absorvida é Joule por quilograma ou de forma mais usual J/kg, sendo 1 Gy =100 J/kg ou 100 RAD = 1 Gray (Gy)<sup>9</sup>.

Cada tecido humano responde diferentemente quando submetidos às radiações ionizantes. E a dose equivalente (Sievert), ou simplesmente dose considera essas diferenças de efeito biológico em tecidos vivos, produzido pela radiação absorvida. Sendo assim, a dose equivalente é obtida da dose absorvida multiplicada por fatores de ponderação apropriados a cada órgão ou tecido. A unidade da dose equivalente ou dose é o Sievert (Sv) e a unidade antiga desta grandeza é o REM (1 Sv = 100 REM)<sup>9</sup>.

Na ação direta, a radiação age diretamente sobre uma biomolécula importante como o caso do DNA, dos aminoácidos, das proteínas etc. Indiretamente, podem resultar na radiólise da água. As moléculas de água, que representam a maior parte do corpo humano, sofrem alteração devido a interação com a RI, dando origem a moléculas danificadas e materiais difusíveis e reativas (radicais livres) podendo atingir as moléculas biologicamente importantes e, assim, danificá-las<sup>10</sup>.

De um modo geral, os efeitos da exposição a RI possuem algumas características. Os efeitos não são específicos da exposição a RI, já que outros agentes físicos, químicos ou biológicos podem causar os mesmos efeitos. Além disso, sempre há um período de tempo entre o momento da irradiação e o aparecimento de um dano visível (detectável), conhecido como tempo de

<sup>9</sup> INMETRO. **Sistema Internacional de Unidades.** 1º Edição Brasileira. Disponível em: <<http://fisica.ufpr.br/evaldo/grandezas-unidades-SI.pdf>>. Acesso em: 11fevereiro 2016.

<sup>10</sup> UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, Programa de Educação Continuada . **Apostila eST 501** “O Ambiente de Trabalho e Doenças Ocupacionais”, capítulo 12, p.179, 2014.

latência. Como já vimos, em alguns casos, dependendo da dose recebida, do tempo de exposição e do órgão atingido, os efeitos podem ser reversíveis, pelo próprio organismo. A Radiossensibilidade de cada órgão e tecido, também é uma das características, pois nem todas as células, tecidos, órgãos ou organismos respondem igualmente a mesma dose de radiação, conforme a A Lei de Bergonié e Tribondeau diz que a radio sensibilidade das células é diretamente proporcional a sua capacidade de reprodução e inversamente proporcional ao seu grau de especialização<sup>11</sup>.

#### 2.1.1.2.1 Somáticos e Hereditários

Considerando o tipo de célula irradiada, somáticas ou germinativas, pode-se classificar os efeitos em Somáticos ou Hereditários.

Os Efeitos Somáticos são aqueles que acontecem nas células somáticas, ou seja, células de maior número no corpo humano. Por isso, os efeitos nessas células aparecem no próprio indivíduo irradiado, não sendo transmissíveis aos descendentes do indivíduo irradiado. A severidade dessa consequência depende da dose, taxa temporal dessa dose e da região do corpo irradiado<sup>12</sup>.

Já os Efeitos Hereditários, também chamados de Genéticos, são resultantes da exposição das gônadas onde se encontram as células germinativas. As alterações dos gametas, caso sejam fecundados, podem ser transmitidas para gerações futuras. Porém, como indicado anteriormente (especificidade), existem outros agentes mutagênicos (agentes físicos,

---

<sup>11</sup>. CANEVARO, Lúcia. **Riscos Biológicos da Radiação Ionizante na Intervenção Cardiovascular**. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em <[http://sbhci.org.br/wp-content/uploads/2011/03/VI\\_Lucia\\_Canevaro-Riscos\\_biológicos.pdf](http://sbhci.org.br/wp-content/uploads/2011/03/VI_Lucia_Canevaro-Riscos_biológicos.pdf)>. Acesso em: 11fevereiro 2016.

<sup>12</sup> TAUHATA, Luis; SALATI, Ivan; PRINZIO, Renato Di; PRINZIO, Antonieta Di. **Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos**. 10º Revisão. Rio de Janeiro IRD/CNEN. 2014. Disponível em <file:///C:/Users/09813856/Downloads/Radioprote%C3%A7%C3%A3o%20e%20Dosimetria%20-%20Fundamentos-FINAL%20(I).pdf>. Acesso em: 11fevereiro 2016.

químicos e biológicos) que também podem alterar o material genético dessas células. Além disso, esse efeito possui caráter cumulativo e independe da taxa de absorção da dose de RI<sup>13</sup>.

#### 2.1.1.2.2 Imediatos e Tardios

O tempo de latência é uma das características dos efeitos biológicos e sempre irá existir. A classificação, segundo esse tempo da exposição até o aparecimento do sintoma, é dividido em Imediatos e Tardios.

Os imediatos são, basicamente, aqueles cujos primeiros efeitos biológicos são identificados após um período de poucas horas até algumas semanas após a exposição. Um exemplo é a radiodermite, Figura 2, que são queimaduras na pele causadas pela exposição a RI<sup>14</sup>.

**Figura 2 - Radiodermite**



FONTE: Adaptado de Tauhata, 2016.

Os que aparecem depois de anos ou mesmo décadas, são chamados de efeitos Retardados ou Tardios. O câncer e a catarata são dois desses efeitos. Por causa desses, principalmente o câncer, complica-se bastante a implantação de critérios de segurança no trabalho com radiações ionizantes. Não é possível, por enquanto, usar critérios clínicos para isso, porque quando aparecem os sintomas, o grau de dano causado já pode ser severo, irreparável

<sup>13</sup> Idem.

<sup>14</sup> Idem.

e até letal. Em princípio, é possível ter um critério biológico e espera-se algum dia ser possível identificar uma mudança biológica no ser humano que corresponda a uma mudança abaixo do grau de lesão. Por enquanto, utilizam-se hipóteses estabelecidas sobre critérios físicos, extrações matemáticas e comportamentos estatísticos<sup>12</sup>.

#### 2.1.1.2.3 Efeitos Determinísticos e Estocásticos

Em relação à dependência de limiar de dose para que tenha o aparecimento do sintoma, a classificação se divide em Determinísticos e Estocásticos.

Os efeitos Determinísticos causam doenças agudas, resultam a efeitos imediatos cuja consequência aparece somente após ultrapassar um limiar de dose e a sua gravidade depende da dose de partes do corpo. Esses efeitos possuem algumas características, dentre elas cita-se a conformidade com a Lei Bergonie e Tribondeau, o resultado depende do tipo de tecido irradiado. Além disso, o tempo de latência depende da dose e o tempo de exposição<sup>15</sup>.

As exposições à altas taxas de dose (alta intensidade de radiação ionizante em um curto período de tempo) resultam em doses agudas elevadas causando maior detimento a região atingida. Desse modo, pode-se ter duas situações, dependendo da quantidade do corpo que é irradiada<sup>16</sup>.

A primeira situação envolve irradiação de pequena região do corpo ou órgão afetado. Um exemplo é a catarata e a irradiação da pele. Na pele aparecerá eritema, a partir de 3,5 a 5 Sv; acima dessa dose, acontece a dilatação dos capilares decorrente da liberação de histamina pelas células epiteliais danificadas. Em seguida, descamação seca, com 10 Sv; entre 18 a 23 Sv há o surgimento de bolhas (descamação úmida); e, finalmente, com doses maiores de 30 Sv, acontece a morte celular do epitélio (necrose)<sup>11</sup>.

---

<sup>15</sup> Idem.

<sup>16</sup> Idem.

Entretanto, se a região atingida for maior, maiores serão as chances do desenvolvimento de infecções no indivíduo. Nesse caso, o efeito Determinístico para doses agudas de corpo inteiro, resultará na SAR, a qual se manifesta através de um conjunto de sinais dependendo da dose<sup>10</sup>.

- Síndrome da medula óssea hematopoiética – A partir de doses maiores que 2 Sv, aparecerá anemia, leucopenia, infecção e hemorragia, devido a diminuição do índice mitótico da medula óssea e haverá diminuição das células sanguíneas circulantes devido a falta de renovação dessas células pela medula óssea<sup>17</sup>;
- Síndrome do trato Gastrointestinal – Entre 3 e 5 Gy pode ocorrer hemorragia, perda de pelos e esterilidade temporária ou permanente. Com doses acima de 6 Sv, o dano causado no sistema de renovação das células do epitélio intestinal fará o indivíduo sentir dor intestinal, anorexia, náusea, vômito, diarreia, desidratação e perda de peso<sup>18</sup>;
- Síndrome do Sistema Nervoso Central – Com doses absorvida superior a 10 Gy, os pulmões sofrem inflamação, como também, há o comprometimento do sistema nervoso central, causando irritabilidade, hipersensibilidade, desmaios, coma e a morte<sup>10</sup>.

A dose letal é considerada doses acima de 6 Gy, quando o indivíduo irradiado com dose absorvida acima desse valor, não possui nenhuma chance de vida. A partir de 4,0 Gy, o indivíduo irradiado possui 50% de chance de sobreviver, sem ajuda médica<sup>10</sup>.

Já as exposições crônicas acontecem a exposição a um baixo nível de radiação durante um longo período de tempo. Observa-se um acúmulo de células alteradas, pois sempre há ação da radiação com o homem através de fenômenos físicos, químicos e biológicos, mas nem sempre sentidos, ou seja, mesmo abaixo do limiar dos efeitos Determinísticos, ocorre interação atômica

---

<sup>17</sup> Idem.

<sup>18</sup> Idem.

nas células sendo necessário um acúmulo de interações para poder ser observadas, através dos Efeitos Estocásticos<sup>12</sup>.

Para esses efeitos, quanto maior a dose maior probabilidade de ocorrência desses efeitos provocados por doses baixas com tempo de exposição longo ou em indivíduos que sobreviveram a uma dose aguda<sup>19</sup>.

A sua característica principal é apresentar um tempo de latência muito longo, por isso, são verificados estatisticamente. O aparecimento de um câncer, principal efeito estocástico, pode demorar até 40 anos após a exposição à radiação ionizante<sup>11</sup>.

Os principais Efeitos Estocásticos são o câncer, doença cardiovascular e respiratória e efeitos hereditários<sup>10</sup>.

Devido a essa inexistência de um nível de segurança, há a dificuldade de estipular limites aceitáveis de doses. Atualmente, os limites de doses normativos consideram a epidemiologia para descrever índices seguros, levando em conta dados estatísticos<sup>10</sup>.

## 2.2. RADIOGRAFIA INDUSTRIAL

A técnica de Radiografia Industrial é um dos recursos utilizados em vários segmentos da indústria para verificação de sanidade de peças ou estruturas sem necessidade de destruição das mesmas; é um ensaio não-destrutivo que utiliza radiações ionizantes do tipo X ou Gama para inspeção de materiais<sup>20</sup>.

Segundo Silva, a imagem radiográfica é formada pela radiação que atravessa uma peça ou equipamento e, a partir das características desse objeto radiografado, a sanidade interna pode ser interpretada através da

---

<sup>19</sup> Idem.

<sup>20</sup> SILVA, Romeu Ricardo da. **Radiografia Industrial. Técnicas Convencionais e Avançadas.** 1º Edição São Paulo-SP. Edição: Abendi, 2010

imagem final. Quando se incide a radiação na peça a ser avaliada, percebe-se que a radiação que emerge da peça é menor. Isso se dá pelo fato de que todo material tem uma interação diferente com a radiação. Nesse sentido, o equipamento radiográfico irá imprimir uma imagem em duas dimensões com diferentes tonalidades (enegrecimento e brilho), indicando diferenças de espessuras, diferença entre materiais (inclusão de escória, por exemplo) e presença de descontinuidades<sup>21</sup>.

Há diferentes técnicas de impressão de filmes radiográficos utilizando os raios Gama e dos Raio X<sup>22</sup>.

### 2.2.1. Gamagrafia e o Equipamento Auto Blindante

A radiografia através de Raios Gama, também conhecida como gamagrafia, utiliza-se como emissor de radiação ionizante radioisótopos de origem artificial<sup>23</sup>. As fontes, que emitem radiação constantemente, são alocadas em aparelhos portáteis chamados Irradiadores. Esses equipamentos funcionam, também, como blindagem especial de segurança ( contenção da radiação – Figura 3) para guarda da fonte, já que a mesma, por suas características físicas, emitem partículas e fótons (radiações ionizantes) constantemente<sup>24</sup>.

A principal característica do Irradiador é sua praticidade em ser transportado, o que oferece flexibilidade de realização do ensaio, inclusive, em locais de difícil acesso e inóspidos. Por outro lado, a revelação e o laudo dos

---

<sup>21</sup> Idem.

<sup>22</sup> Idem.

<sup>23</sup> Materiais radioativo de origem artificial, se tornam radiativos através de um processo de bombardeamento de seus núcleos por meio de partículas aceleradas (partícula alfa, beta, prótons, nêutrons, entre outros), como por exemplo Césio 137 e Íridio 192.

<sup>24</sup> SILVA, Romeu Ricardo da. **Radiografia Industrial. Técnicas Convencionais e Avançadas.** 1º Edição São Paulo-SP. Edição: Abendi, 2010

filmes radiográficos são realizados em local especial e horas após a irradiação dos materiais<sup>25</sup>.

**Figura 3 - Irradiador**



FONTE: Adaptado de Silva, 2010.

De maneira diferente dos irradiadores e fontes radioativas, o equipamento de radiografia por Raios X possui princípio físico distinto. A emissão é resultante de um circuito elétrico, chamado ampola, esquematizado na Figura 4. Aplicando-se uma alta diferença de potencial entre o cátodo e anodo, e o filamento superaquecido, o mesmo libera elétrons. Devido a diferença de potencial os elétrons são acelerados e, ao colidirem no alvo, perdem sua energia cinética emitindo, assim, radiações ionizantes através da janela<sup>26</sup>.

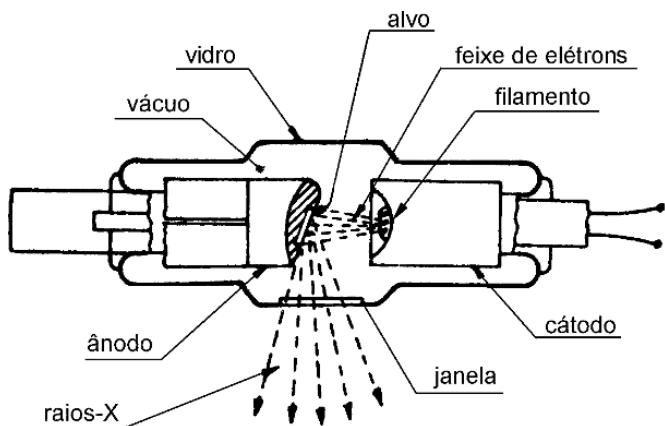
O tubo de raios X (ampola), é instalada no interior de uma cabine de tal forma que possa atravessar a peça a ser analisada. A radiação emergente da peça atinge uma tela fluorescente chamada de *Flat Panel*, a qual transforma as diferentes intensidades de radiação em luz de diferentes intensidades, formando a imagem da peça, inclusive de possíveis defeitos internos. Essa

<sup>25</sup> Idem.

<sup>26</sup> SILVA, Romeu Ricardo da. **Radiografia Industrial. Técnicas Convencionais e Avançadas.** 1º Edição São Paulo-SP. Edição: Abendi, 2010

imagem pode ser refletida em um espelho/monitor e, assim, examinada pelo inspetor<sup>27</sup>.

**Figura 4 – Ampola de Raio X**



FONTE: Adaptado de COSTA, 2014.

Na Figura 5 mostra um equipamento de radiografia industrial autoblindante modelo CSP-U do fabricante NDB Vision.

**Figura 5 – Equipamento autoblindante.**



FONTE: NDB, 2016.

<sup>27</sup> Idem.

Esses equipamentos possuem um completo sistema de refrigeração para controle da temperatura e qualidade do feixe. E devido a esse sistema adicional, os aparelhos de Raio X portáteis possuem flexibilidade de transporte inferior se comparada aos irradiadores. Além dessa desvantagem, a revelação e os laudos dos filmes radiográficos também são realizados horas após a exposição do material em análise e a técnica pode inspecionar somente uma determinada espessura de material compatível com sua energia<sup>28</sup>.

Apesar disso, a qualidade da imagem proporcionada e segurança desses equipamentos são superiores. Os baixos custos de operação e a rapidez de inspeção fazem dessa máquina a escolhida em vários processos produtivos, tais como: inspeção de rodas de alumínio, pontas de eixo de automotivos, munhões (peça de sustentação do eixo e o mancal), carcaça da direção, componentes eletrônicos, pneus automotivos, para verificação de bagagens, entre outros<sup>29</sup>.

Também chamada de radiosкопia, a radiografia industrial auto blindante possui, basicamente: o sistema de geração de imagem (eletrônico), através do *Flat Panel* que recebe a radiação emitida pela ampola (que já atravessou a peça analisada) a leitura das diferentes intensidades das radiações que chegam até ele, as codifica e envia para o seu processamento. Com os códigos processados, o software codifica os sinais e os mostra como imagem na tela de um monitor, em tempo real<sup>30</sup>.

### 2.3. REQUISITOS LEGAIS

Em 1988 a Constituição Federal, através de seu artigo 7º do Capítulo II (Dos Direitos Sociais), enumera trinta e quatro direitos dos trabalhadores

---

<sup>28</sup> SILVA, Romeu Ricardo da. **Radiografia Industrial. Técnicas Convencionais e Avançadas.** 1º Edição São Paulo-SP. Edição: Abendi, 2010

<sup>29</sup> Idem.

<sup>30</sup> SILVA, Romeu Ricardo da. **Radiografia Industrial. Técnicas Convencionais e Avançadas.** 1º Edição São Paulo-SP. Edição: Abendi, 2010

urbanos e rurais, dentre eles o inciso XXIII que indica o adicional de remuneração para as atividades perigosas, insalubres ou perigosas, na forma de lei<sup>31</sup>.

O Decreto Lei nº 5.452/1943<sup>32</sup> que instituiu a Consolidação das Leis do Trabalho-CLT, apresenta o conceito legal de insalubre e perigosa previstas na seção XIII.

Além da Constituição Federal e CLT, necessita-se estudar as Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego nas quais são citadas no Capítulo V, Título II, da CLT, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho.

### 2.3.1. Insalubridade – NR 15

A insalubridade é caracterizada através de caracterização qualitativa ou quantitativa.<sup>33</sup>

O art. 189 da CLT traz o conceito legal da insalubridade:

Art. 189 - Serão consideradas atividades ou operações insalubres aquelas que, por sua natureza, condições ou métodos de trabalho, exponham os empregados a agentes nocivos à saúde, acima dos limites de tolerância fixados em razão da natureza e da intensidade do agente e do tempo de exposição aos seus efeitos.<sup>34</sup>

---

<sup>31</sup> BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**: Publicada em 5 de outubro de 1988. Brasília. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/ConstituicaoCompilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/ConstituicaoCompilado.htm)>. Acesso em: 20/02/16.

<sup>32</sup> BRASIL. **Consolidação das leis do trabalho**: Publicada em 1 de maio de 1943. Brasília. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/Del5452.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del5452.htm)>. Acesso em: 20 fevereiro 2016.

<sup>33</sup> CAMISASSA, Mara Queiroga. **Segurança e Saúde no Trabalho – NRs 1 a 36 comentadas e descomplicadas**. Rio de Janeiro: Forense; São Paulo: Método: 2015. p.371.

<sup>34</sup> SAAD, E.G.;SAAD,J.E.D.;BRANCO,A.M.S.C. **Consolidação das Leis do Trabalho**.48.ed.São Paulo: Ltr,2015.p.327.

Do conceito acima, verifica-se que ele é tecnicamente correto dentro dos princípios da Higiene Ocupacional.

Sendo um dos campos da saúde ocupacional, a higiene ocupacional é a ciência responsável pelo reconhecimento, avaliação e controle dos agentes agressivos possíveis de levar o trabalhador a adquirir doença ocupacional, pela exposição, dentre outros fatores dependendo da natureza, da intensidade e do tempo de exposição ao agente agressivo: físicos, químicos e biológicos.<sup>35</sup>

Considerando os fatores acima mencionados, foram estabelecidos limites de tolerância para os referidos agentes, e por se tratar de matéria técnica, a regulamentação foi delegada ao Ministério do Trabalho e Emprego, como terminou o art.190 da CLT:

Art. 190 - O Ministério do Trabalho aprovará o quadro das atividades e operações insalubres e adotará normas sobre os critérios de caracterização da insalubridade, os limites de tolerância aos agentes agressivos, meios de proteção e o tempo máximo de exposição do empregado a esses agentes.<sup>36</sup>

O Ministério do Trabalho por sua vez, através da Portaria nº 3.214/78<sup>37</sup>, regulamentou todas as matérias atuais da Segurança e Medicina do Trabalho em 28 Normas Regulamentadoras-NR.

A insalubridade está disciplinada pela NR nº 15 que contem 14 anexos nos quais estão definidos os agentes (físicos, químicos e biológicos), os limites de tolerância e os critérios técnicos e legais para avaliar e caracterizar as atividades e operações insalubres, bem como, a caracterização da renda adicional devida para cada caso: sendo de 40% (quarenta por cento) para o grau máximo de exposição (subitem 15.2.1), 20% (vinte por cento) para o grau

---

<sup>35</sup> SALIBA, T.M.;CORRÊA,M.A.C. **Insalubridade e periculosidade: aspectos técnicos e práticos.**13.ed.São Paulo: Ltr, 2014.p.11

<sup>36</sup> SAAD, E.G.;SAAD,J.E.D.;BRANCO,A.M.S.C. **Consolidação das Leis do Trabalho.**48.ed.São Paulo: Ltr,2015.p.329.

<sup>37</sup> BRASIL. **Normas Regulamentadoras – NR - do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas a Segurança e Medicina do Trabalho.** Publicada em 6 de julho de 1978. Disponível em: <<http://www010.dataprev.gov.br/sislex/paginas/63/mte/1978/3214.htm>>. Acesso em: 20 fevereiro 2016.

médio de exposição (subitem 15.2.2) ou 10% (dez por cento) para o grau mínimo de exposição (subitem 15.2.3).<sup>38</sup>

Como dispõe o subitem 15.1. da NR 15, é considerada atividade insalubre a exposição aos agentes acima dos limites de tolerância<sup>39</sup> as que se desenvolvem:

- 15.1.1 Acima dos limites de tolerância previstos nos anexos 1, 2, 3, 5, 11 e 12;
- Nas atividades mencionadas nos anexos 6, 13 e 14;
- Comprovadas por meio de laudo de inspeção do local de trabalho, constantes dos anexos 7,8,9 e 10.
- Abaixo dos mínimos de iluminamento fixado nos anexo 4, exceto nos trabalhos de extração de sal. Esse anexo foi revogado pela Portaria nº 3.751/90.<sup>40</sup>

O Ministério do Trabalho e Emprego, através das Normas Regulamentadoras, estabeleceu três critérios para caracterizar a insalubridade, tais como: avaliação quantitativa, qualitativa e relacionada à atividade<sup>41</sup>.

#### Sobre a avaliação quantitativa:

Nos anexos 1, 2, 3, 5, 8, 11 e 12, estão definidos os limites de tolerância para os agentes agressivos fixados em razão da natureza, da intensidade e do tempo de exposição. Neste caso, o perito terá de medir a intensidade ou a concentração do agente e compará-lo com os respectivos limites de tolerância; a insalubridade será caracterizada somente quando o limite for ultrapassado<sup>42</sup>.

#### Já avaliação qualitativa:

---

<sup>38</sup> BRASIL. **Normas Regulamentadoras – NR - do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas a Segurança e Medicina do Trabalho.** Publicada em 6 de julho de 1978. Disponível em: <<http://www010.dataprev.gov.br/sislex/paginas/63/mte/1978/3214.htm>>. Acesso em: 20 fevereiro 2016.

<sup>39</sup> Através do item 15.1.5 da NR 15, entende-se por "Limite de Tolerância", a concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará dano à saúde do trabalhador, durante a sua vida laboral.

<sup>40</sup> BRASIL. **Normas Regulamentadoras – NR - do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas a Segurança e Medicina do Trabalho.** Publicada em 6 de julho de 1978. Disponível em: <<http://www010.dataprev.gov.br/sislex/paginas/63/mte/1978/3214.htm>>. Acesso em: 20 fevereiro 2016.

<sup>41</sup> SALIBA, T.M.;CORRÊA,M.A.C. **Insalubridade e periculosidade: aspectos técnicos e práticos.**13.ed.São Paulo: Ltr, 2014.p.13

<sup>42</sup> SALIBA, T.M.;CORRÊA,M.A.C. **Insalubridade e periculosidade: aspectos técnicos e práticos.**13.ed.São Paulo: Ltr, 2014.p.13

Nos anexos 7, 9,10 e 13, a NR 15 estabelece que a insalubridade será comprovada pela inspeção realizada por perito no local de trabalho; ou seja, nesses anexos , o M.T.E não fixou limites de tolerância para os agentes agressivos, embora as normas internacionais – incluindo a ACGIH – os tenham estabelecido para praticamente todos os agentes.<sup>43</sup>

É imprescindível levar em consideração na avaliação, dentre outros elementos, o tempo de exposição, a forma de contato e o tipo de proteção utilizada pelo trabalhador.

Com relação ao tempo de exposição para a avaliação qualitativa, a antiga e revogada Portaria nº 3.311/89, definia o contato como sendo: permanente ou intermitente e o eventual, da seguinte maneira:

a exposição de curta duração – em torno de 25 a 30 minutos por dia – significa eventualidade, não gerando, portanto, a insalubridade, enquanto a exposição de 300 a 400 minutos durante a jornada de trabalho equivale ao contato permanente ou intermitente.<sup>44</sup>

Embora a referida Portaria tenha sido revogada, acredita-se que por falha técnica do MTPS, os profissionais da Saúde e Segurança do Trabalho continuam seguindo a definição de permanente, intermitente e eventual conforme dito acima.<sup>45</sup>

O Tribunal Superior do Trabalho decorrente de inúmeras provocações sobre a matéria, já se posicionou sobre o assunto editando as Súmulas nº 47 e 364, *in verbis*:

**SÚMULA Nº 47 DO TST  
INSALUBRIDADE**

O trabalho executado em condições insalubres, em caráter intermitente, não afasta, só por essa circunstância, o direito à percepção do respectivo adicional.

**SÚMULA Nº 364 DO TST  
ADICIONAL DE PERICULOSIDADE. EXPOSIÇÃO EVENTUAL,  
PERMANENTE E INTERMITENTE.**

Tem direito ao adicional de periculosidade o empregado exposto permanentemente ou que, de forma intermitente, sujeita-se a condições de risco. Indevido, apenas, quando o contato dá-se de

<sup>43</sup> Idem.

<sup>44</sup> Idem. p.14

<sup>45</sup> SALIBA, T.M.;CORRÊA,M.A.C. **Insalubridade e periculosidade: aspectos técnicos e práticos.**13.ed.São Paulo: Ltr, 2014.p.14.

forma eventual, assim considerado o fortuito, ou o que, sendo habitual, dá-se por tempo extremamente reduzido.<sup>46</sup>

Com a edição das referidas súmulas, pode-se constatar que em alguns casos, a percepção do adicional de insalubridade depende da decisão judicial para cada caso concreto.<sup>47</sup>

Já a avaliação qualitativa de risco inerente à atividade, são aquelas que não são possíveis de eliminar ou neutralizar a insalubridade, pois o risco não é eliminado com medidas no ambiente de trabalho ou utilização de EPI. As atividades de risco estão listadas nos anexos 6,13 e 15 da NR 15.<sup>48</sup>

### 2.3.2. Periculosidade – NR 16

A CLT estabelece no artigo 193 que:

Art. 193. São consideradas atividades ou operações perigosas, na forma da regulamentação aprovada pelo Ministério do Trabalho e Emprego, aquelas que, por sua natureza ou métodos de trabalho, impliquem risco acentuado em virtude de exposição permanente do trabalhador a:

- I - inflamáveis, explosivos ou energia elétrica;
- II - roubos ou outras espécies de violência física nas atividades profissionais de segurança pessoal ou patrimonial.<sup>49</sup>

Os trabalhadores expostos às operações consideradas perigosas possuem o direito a percepção do adicional de 30% sobre o salário, conforme dispõe o §1º do art.193 da CLT.<sup>50</sup>

<sup>46</sup> BRASIL. **Tribunal Superior do Trabalho**. Súmulas nº 47 e 364. Disponível em: <[http://www3.tst.jus.br/jurisprudencia/Sumulas\\_com\\_indice/Sumulas\\_Ind\\_351\\_400.html#SUM-364](http://www3.tst.jus.br/jurisprudencia/Sumulas_com_indice/Sumulas_Ind_351_400.html#SUM-364)>. Acesso em: 21 fevereiro 16.

<sup>47</sup> SALIBA, T.M.;CORRÊA,M.A.C. **Insalubridade e periculosidade: aspectos técnicos e práticos**.13.ed.São Paulo: Ltr, 2014.p.15

<sup>48</sup> Idem.

<sup>49</sup> SAAD, E.G.;SAAD,J.E.D.;BRANCO,A.M.S.C. **Consolidação das Leis do Trabalho**.48.ed.São Paulo: Ltr,2015.p.345.

Nota-se que a regra legal estabeleceu três condições para caracterizar a operação como perigosa: (1) contato com inflamáveis, explosivos, energia elétrica, roubos ou outras maneiras de violência física nas atividades de seguranças pessoal ou patrimonial; (2) caráter permanente; (3) em condições de risco acentuado.<sup>51</sup>

O MTE regulamentou as operações perigosas através da Norma Regulamentadora Nº 16, também instituída pela Portaria 3.214/78.<sup>52</sup>

A Portaria nº 3.393/87 do MTE inseriu as operações que envolvem a radiação ionizante e substâncias radioativas como sendo perigosas. Essa portaria foi revogada em 2002 por outra (Portaria nº 496 do MTE), mas voltou a vigorar em abril de 2003. Durante o período da ineficácia da portaria, a exposição a radiação e substâncias radioativas foi considerada como insalubre.<sup>53</sup>

Na NR 16 é possível encontrar o rol de atividades e operações perigosas com radiação ionizante ou substâncias radioativas, entre elas:

4. Atividades de operação com aparelhos de raios-X, com irradiadores de radiação gama, radiação beta ou radiação de nêutrons, incluindo:  
(...)
- 4.3. Radiografia industrial, gamagrafia e neutronradiografia<sup>54</sup>.

### 2.3.3. Normas CNEN

---

<sup>50</sup> SAAD, E.G.;SAAD,J.E.D.;BRANCO,A.M.S.C. **Consolidação das Leis do Trabalho**.48.ed.São Paulo: Ltr,2015.p.334.

<sup>51</sup> SALIBA, T.M.;CORRÊA,M.A.C. **Insalubridade e periculosidade: aspectos técnicos e práticos**.13.ed.São Paulo: Ltr, 2014.p.15

<sup>52</sup> BRASIL. **Portaria nº 3.214 /1978. Normas Regulamentadoras – NR - do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas a Segurança e Medicina do Trabalho**. Publicada em 6 de julho de 1978. Disponível em: <<http://www010.dataprev.gov.br/sislex/paginas/63/mte/1978/3214.htm>>. Acesso em: 20 fevereiro 2016.

<sup>53</sup> CAMISASSA, Mara Queiroga. **Segurança e Saúde no Trabalho – NRs 1 a 36 comentadas e descomplicadas**. Rio de Janeiro: Forense; São Paulo: Método: 2015. p.482.

<sup>54</sup> BRASIL. **Portaria nº 3.214 /1978. Normas Regulamentadoras – NR - do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas a Segurança e Medicina do Trabalho**. Publicada em 6 de julho de 1978. Disponível em: <<http://www010.dataprev.gov.br/sislex/paginas/63/mte/1978/3214.htm>>. Acesso em: 20 fevereiro 2016.

A Comissão Nacional de Energia Nuclear, CNEN, é responsável por além de planejar, orientar, supervisionar e fiscalizar, estabelecer normas e regulamentos em proteção radiológica, regula, licencia e fiscaliza a produção e uso de energia nuclear. Essa autarquia federal vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação foi criada em 1956 e estruturada pela Lei 4.118, de 27 de agosto de 1962, afim de desenvolver a política nacional de energia nuclear.<sup>55</sup>

A norma de referência da proteção radiológica é a nº 3.01 que trata das diretrizes básicas de proteção radiológica. Através da resolução 146/2014, as orientações objetivam, em contexto geral, estabelecer requisitos básicos de proteção radiológica em relação a exposição à radiação ionizante. Estão excluídas do escopo desta Norma quaisquer exposições cuja intensidade ou probabilidade de ocorrência não sejam suscetíveis ao controle regulatório, a critério da CNEN, ou aqueles casos que a CNEN vier a considerar que estas diretrizes não se aplicam. Além disso, são excluídas as práticas de radiodiagnóstico médico e odontológico, as quais são regulamentadas por Portaria do Ministério da Saúde.<sup>56</sup>

Segundo a norma CNEN nº3.01 é necessário que as instalações atendam alguns requisitos, dentre eles administrativos e de gestão, para que tenham autorização para utilização da radiação ionizante em seus processos. Há também a indicação dos três requisitos de proteção radiológica.<sup>57</sup>

O primeiro, o da justificação, a CNEN diz :

Que não aceitará nenhuma prática ou fonte associada a essa, a não ser que a prática produza benefícios, para os indivíduos expostos ou para a sociedade, suficientes para compensar o detimento correspondente, tendo-se em conta fatores sociais e econômicos, assim como outros fatores pertinentes.<sup>58</sup>

<sup>55</sup> BRASIL, **Comissão Nacional de Energia Nuclear**. Disponível em <[www.cnen.gov.br](http://www.cnen.gov.br)>. Acesso em: 25 fevereiro 2016.

<sup>56</sup> BRASIL, **Comissão Nacional de Energia Nuclear**. Disponível em <<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf>> Acesso em: 14 fevereiro 2016.

<sup>57</sup> Idem

<sup>58</sup> BRASIL, **Comissão Nacional de Energia Nuclear**. Disponível em <<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf>> Acesso em: 14 fevereiro 2016.

A segunda diretriz trata da limitação de dose individual; mostra o limite de tolerância referenciado na NR 15. A exposição normal dos indivíduos deve ser restringida de tal modo que nem a dose efetiva nem a dose equivalente nos órgãos ou tecidos de interesse, causadas pela possível combinação de exposições originadas por práticas autorizadas, excedam o limite de dose especificado na Figura 6 a seguir:

**Figura 6 - Limites de doses anuais**

<b>Limites de Doses Anuais (a)</b>			
Grandezas	Órgão	Indivíduo ocupacionalmente exposto (IOE)	Indivíduo do público (IP)
Dose Efetiva	Corpo Inteiro	20 mSv (b)	1 mSv (c)
Dose equivalente	Cristalino	20 mSv (b) Alterado pela resolução CNEN114/11	15 mSv
	Pele (d)	500 mSv	50 mSv
	Mãos e pés	500 mSv	50 mSv

- (a) Para fins de controle administrativo efetuado pela CNEN, o termo dose anual deve ser considerado como dose no ano calendário, isto é, no período decorrente de janeiro a dezembro de cada ano.
- (b) Média aritmética em 5 anos consecutivos, desde que não exceda 50 mSv em qualquer ano.  
(Alterado pela Resolução CNEN 114/2011)
- (c) Em circunstâncias especiais, a CNEN poderá autorizar um valor de dose efetiva de até 5 mSv em um ano, desde que a dose efetiva média em um período de 5 anos consecutivos, não exceda a 1 mSv por ano.
- (d) Valor médio em 1 cm<sup>2</sup> de área, na região mais irradiada.<sup>59</sup>

<sup>59</sup> BRASIL, Comissão Nacional de Energia Nuclear. Disponível em <<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf>> Acesso em: 14 fevereiro 2016.

FONTE: Adaptado, CNEN.

Esses limites de dose não se aplicam às exposições médicas, ou seja, exposições relacionadas a pacientes, ou fora de exposição ocupacional ou, ainda, voluntários em programas de pesquisas.<sup>60</sup>

A área médica é regida pela portaria nº453/98 da secretaria de vigilância sanitária<sup>61</sup>. Para controle ambiental da área médica segue-se um procedimento técnico NHO 05 da Fundacentro<sup>62</sup>.

Na norma CNEN nº 3.02 que trata dos serviços de radioproteção estabelece, entre outros, os regulamentos para monitoração individual, para a monitoração da área e também para as fontes emissoras de radiação, entre outros.<sup>63</sup>

No item 6.2 dessa norma indica necessidade de atendimento a um programa de monitoração de área, o qual deve abranger a execução das seguintes atividades:

- a) seleção dos locais mais críticos nas áreas restritas com relação a todos os tipos de radiação, contaminação e acidentes possíveis.
- b) seleção de marcação de pontos de referência para a realização de medições de campos de radiação, contaminações superficiais e atmosféricas, selecionados de modo que sejam:
  - 1) facilmente acessíveis a instrumentos portáteis de medição ou à instalação e inspeção de instrumentos fixos;
  - 2) representativos para a detecção prévia de irregularidades ou acidentes;
  - 3) representativos com relação à permanência e trânsito de trabalhadores, para efeito de estimativa de doses e indicação de alarmes; e

---

<sup>60</sup> Idem.

<sup>61</sup> BRASIL, Conter. **Portaria SVS/MS nº 453**, de 1 de junho de 1998. Disponível em [http://www.conter.gov.br/uploads/legislativo/portaria\\_453.pdf](http://www.conter.gov.br/uploads/legislativo/portaria_453.pdf) Acesso em: 14 fevereiro 2016.

<sup>62</sup> BRASIL, Fundacentro. **Norma de Higiene Ocupacional – Procedimento Técnico Avaliação da Exposição Ocupacional aos Raios X nos Serviços de Radiologia**. Disponível em <<file:///C:/Users/09813856/Downloads/NHO05.pdf>> Acesso em: 14 fevereiro 2016.

<sup>63</sup> BRASIL, **Comissão Nacional de Energia Nuclear**. Disponível em <<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm302.pdf>> Acesso em: 14 fevereiro 2016.

- 4) pouco sujeitos a modificações nas condições normais de trabalho.
- c) seleção de equipamentos e de procedimentos de monitoração, compatíveis com as condições de exposição, condições ambientais e com as grandezas objetos de medição e limitação; e
- d) execução da monitoração compreendendo a realização de medidas e amostragens, inspeção de fontes de radiação e de rejeitos, e verificação das condições gerais de trabalho.<sup>64</sup>

Na seção Definições e Siglas da norma nº3.02, o Plano de Proteção Radiológica é definido como um:

documento exigido para fins de licenciamento da instalação, que estabelece o sistema de radioproteção a ser implantado pelo serviço de radioproteção.<sup>65</sup>

A norma nº 3.01, também descreve a exigência do plano de proteção radiológica que deverá conter, no mínimo, as seguintes especificações:

- a) identificação da instalação e da sua estrutura organizacional, com uma definição clara das linhas de responsabilidade e respectivos responsáveis;
- b) objetivo da instalação e descrição da prática;
- c) função, classificação e descrição das áreas da instalação;
- d) descrição da equipe, instalações e equipamentos que compõem a estrutura do serviço de proteção radiológica;
- e) descrição das fontes de radiação e dos correspondentes sistemas de controle e segurança, com detalhamento das atividades envolvendo essas fontes;
- f) demonstração da otimização da proteção radiológica, ou de sua dispensa;
- g) função, qualificação e jornada de trabalho dos IOE;
- h) estimativa das doses anuais para os IOE e indivíduos do público, em condições de exposição normal;
- i) descrição dos programas e procedimentos relativos a monitoração individual, monitoração de área, monitoração de efluentes e monitoração do meio ambiente;
- j) descrição do sistema de gerência de rejeitos radioativos;
- k) descrição do sistema de liberação de efluentes radioativos; 12
- l) descrição do controle médico de IOE, incluindo planejamento médico em caso de acidentes;
- m) programas de treinamento específicos para IOE e demais funcionários, eventualmente;
- n) níveis operacionais e demais restrições adotados;

<sup>64</sup> BRASIL, Comissão Nacional de Energia Nuclear. Disponível em <<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf>> Acesso em: 14 fevereiro 2016.

<sup>65</sup> BRASIL, Comissão Nacional de Energia Nuclear. Disponível em <<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm302.pdf>> Acesso em: 14 fevereiro 2016.

- o) descrição dos tipos de acidentes previsíveis, incluindo o sistema de detecção dos mesmos, destacando os mais prováveis e os de maior porte;
- p) planejamento de resposta em situações de emergência, até o completo restabelecimento da situação normal;
- q) regulamento interno e instruções gerais a serem fornecidas por escrito aos IOE e demais trabalhadores, visando a execução segura de suas atividades; e
- r) Programa de Garantia da Qualidade aplicável ao sistema de proteção radiológica<sup>66</sup>.

A implementação do plano de proteção radiológica é dever do supervisor de proteção radiológica credenciado pela CNEN<sup>67</sup>.

<sup>66</sup> BRASIL, Comissão Nacional de Energia Nuclear. Disponível em <<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf>> Acesso em: 14 fevereiro 2016.

<sup>67</sup> BRASIL, Comissão Nacional de Energia Nuclear. Disponível em <<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm701.pdf>> Acesso em: 14 fevereiro 2016.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

A aplicação de técnicas para identificação, avaliação e controle de riscos do trabalho é fundamental para estudo da periculosidade e insalubridade de uma atividade.

Para essa análise é necessário que seja realizado uma avaliação quantitativa da RI de forma ambiental e individual para que esse níveis sejam comparados a limite de tolerância disposto na NR 15 e NR 16. Além disso, a verificação da rotina de trabalho é fundamental para caracterização do tempo de exposição.

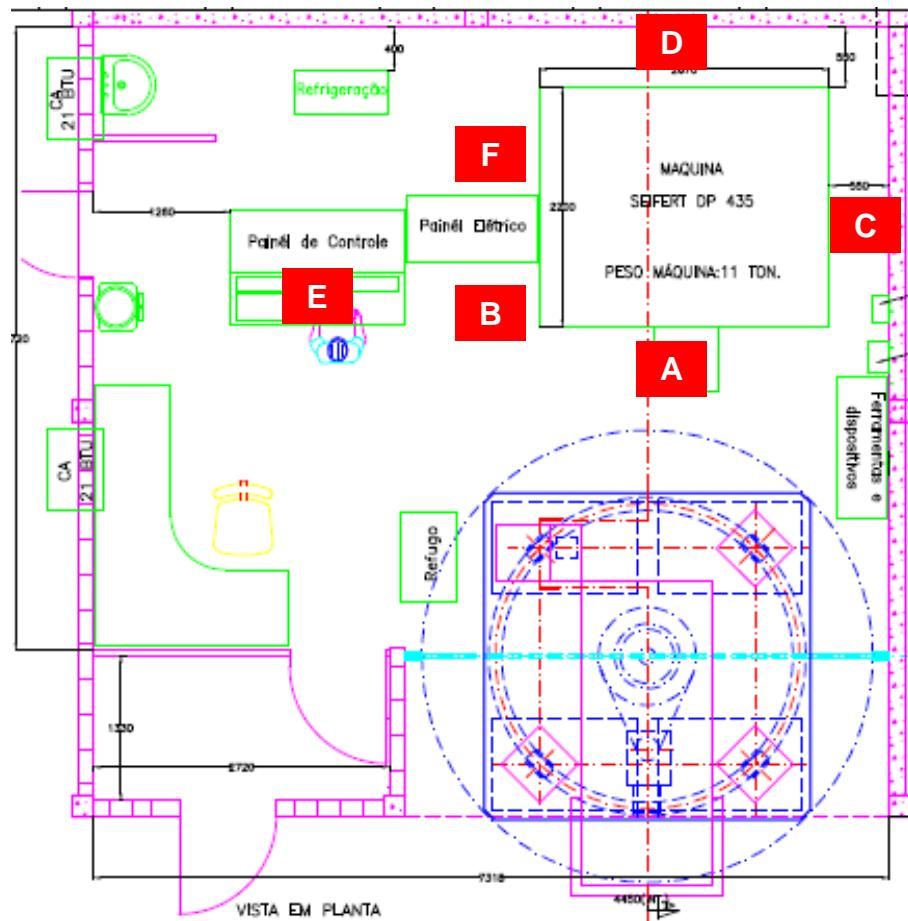
No que pese a RI, conforme as normas da CNEN e por analogia ao procedimento técnico NHO 05 da Fundacentro, é utilizado um levantamento radiométrico da sala onde se manuseia o equipamento emissor de RI. Em pontos de referência previamente identificados na planta da área supervisionada, realiza-se medições dos níveis de radiação, com o equipamento ligado em sua potencia máxima, de forma a acusar algum vazamento de radiação da cabine blindante.

O material necessário para realização desse levantamento envolve um aparelho de medição da radiação de forma compatível ao tipo e ao nível de radiação e que esteja devidamente calibrado, em laboratório credenciado pela CNEN, e aferido. No caso, foi utilizado um Geiger Muller de modelo 6150 AD 6/H do fabricante Automess, calibrado em 19 de novembro de 2015 com nº 8932/1115, realizado pelo Laboratório de Metrologia das Radiações Ionizantes, LMRI, da Universidade Federal de Pernambuco.

Os pontos de medição ambiental foram escolhidos de acordo com alguns parâmetros do equipamento emissor de radiação, os quais são importantes indicadores. Assim, foram realizadas as medições considerando a situação mais critica em relação a segurança radiológica, ou seja, pontos e regulagem que possam resultar em maior exposição ou risco ao operador. Desse modo, os pontos escolhidos se localizam na superfície da máquina e na

mesa de comando, que o operador se posiciona durante a inspeção, conforme a figura 7. A regulagem do equipamento foi ajustado em sua potência máxima, com energia de 320kV e amperagem de 7mA. Para o registro desses níveis foi utilizada uma ficha de levantamento radiométrico, conforme anexo 1.

**Figura 7 - Pontos de referência para levantamento radiométrico**



FONTE: Arquivo pessoal, 2016.

Além dessa caracterização ambiental, outras informações também são importantes para esse estudo. São elas: informações relacionadas à estrutura física e suas condições de segurança, recursos humanos, descrição das atividades desempenhadas e levantamento do histórico de doses individuais.

A estrutura física foi analisada através de observação e sua utilização quanto a segurança radiológica das pessoas e meio ambiente, conforme Plano de Proteção Radiológica da empresa.

O quadro de funcionários foi baseada no organograma disponibilizado pelo departamento de Recursos Humanos. E, através de entrevistas, foram identificadas as funções de cada IOE bem como a descrição das suas atividades.

O histórico de doses foi disponibilizado através dos controles do serviço de radioproteção da empresa. As doses dos IOEs já são controladas individualmente, através de dosímetros apropriados para a prática, do tipo TLD e fornecidas por um laboratório devidamente credenciado e autorizado pela CNEN, conforme a obrigatoriedade descrita na seção 2.3 desse estudo.

De um modo geral, a metodologia utilizada no levantamento de dados e informações para análise de insalubridade e periculosidade foi baseada na realização de estudos de procedimentos internos, incluindo o Plano de Proteção Radiológica da empresa, manuais, registros ocupacionais, como também entrevistas com o operador, além de medições ambientais através de equipamentos adequados.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao consultar as normas pertinentes verifica-se que as atividades envolvendo exposição a RI possui suas particularidades. Através da NR 15, NR 16 e norma CNEN nº 3.01, o pagamento de adicionais para operador com exposição e RI depende da descrição de alguns fatores, dentre eles, a estrutura física e controle de acesso da sala de radiografia industrial, a rotina de atividades, do histórico de doses e caracterização ambiental.

### 4.1. ESTRUTURA FÍSICA

A máquina geradora de Raios X em estudo, possui energia máxima de 320 kV e 7mA, foi adquirida a, aproximadamente, 15 anos. Sua primordial importância para o processo se dá pelo fato de utilizar o recurso da tecnologia em RI para ensaio não destrutivos visando o controle de qualidade e de processo (verificação da integridade interna) de peças em ferro fundido.

A prática de radiografia industrial dessa empresa é justificada pela sua alta produtividade, qualidade e eficiência de análise, como também nos quesitos de segurança e proteção radiológica.

O controle da qualidade se dá pelos resultados apresentados com esta técnica, os quais se mostraram superiores e mais confiáveis do que os ensaios não destrutivos paralelos, que não utilizam radiações ionizantes já que a qualidade radiográfica proporcionada por esse equipamento permite um melhor análise da imagem de maneira imediata e os controles de energia (kV e mA) e os recursos computacionais aplicados ao tratamento das imagens possibilitam laudos mais eficientes e eficazes.

A automação da máquina de posicionamento das peças é dotada de sistema de movimentação automatizado (CNC- Controle Numérico Computacional) que reduz de forma significativa a intervenção do operador,

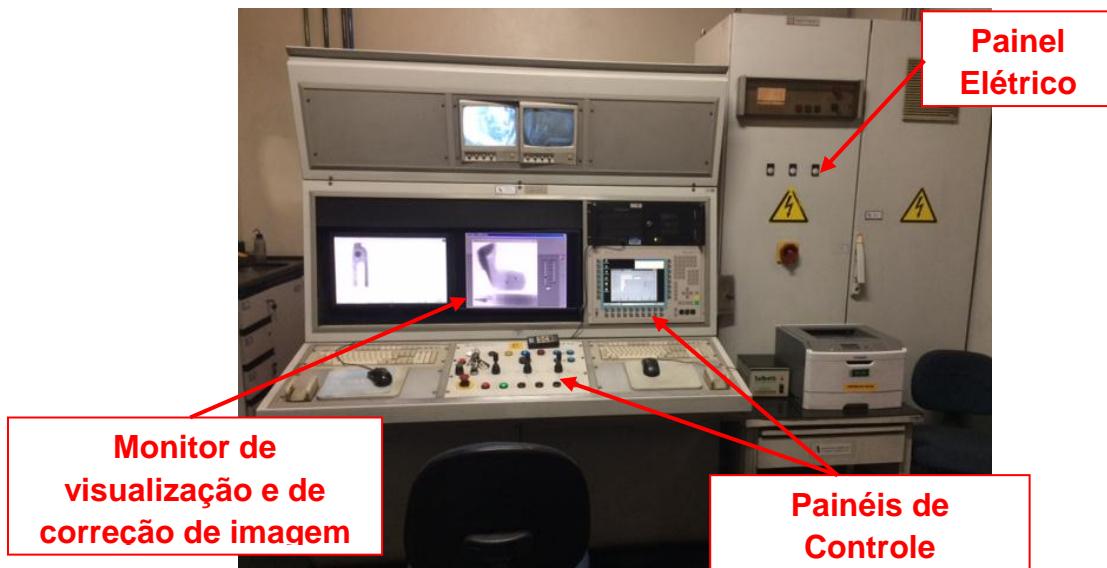
desta forma colaborando, também, para que os ensaios tornem-se mais rápidos e seguros.

Além disso, o equipamento possui condições seguras no aspecto de radioproteção. O sistema de emissão e recepção de Raios X, ampola e *Flat Panel*, estão enclausurados por uma cabine de aço blindante. Como vimos no item 2.2.1., alguns materiais possuem maior facilidade de absorção da RI, desse modo e com esse arranjo devidamente certificado pelo fornecedor, protege pessoas e meio ambiente.

O equipamento dispõe, também, de um sistema de rastreabilidade dos ensaios realizados, armazenamento informações das operações, assim como das imagens em banco de dados.

Como outras de mesmo princípio físico, ela possui monitores de inspeção, painéis de controle e painel elétrico, visualmente indicada conforme a Figura 8.

**Figura 8 - Estação de controle do equipamento em estudo**

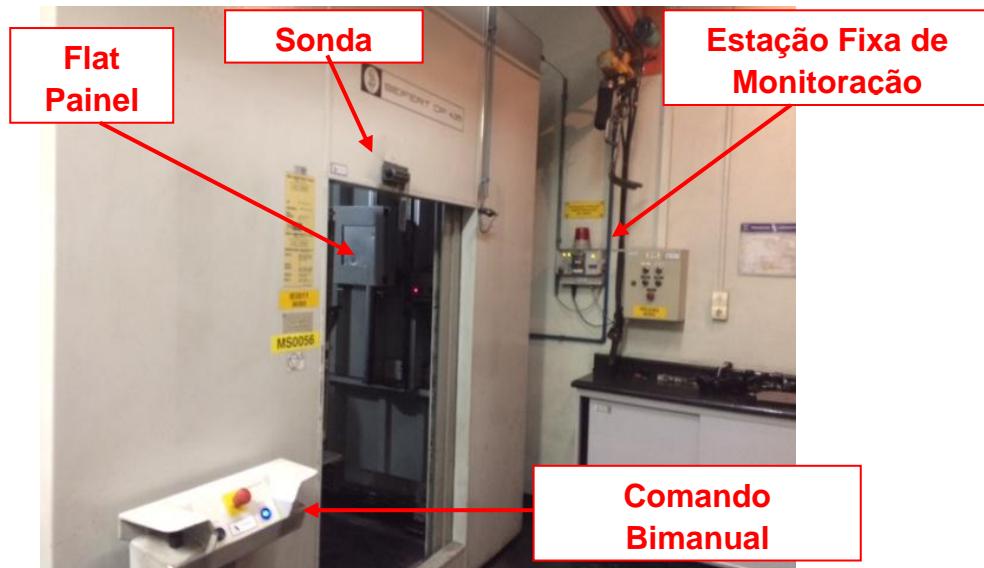


FONTE: Arquivo pessoal, 2016.

Outro dispositivo, como forma de redundância de segurança, possui sistema de travamento interligado com monitor fixo de área, ou seja, monitora-se continuamente a radiação através de uma sonda instalada na porta de acesso a cabine e, caso seja constatado variação de 2,0 microSv/h, o portal fixo é acionado desligando a energia que alimenta a geração de Raios X. Nesse instante, um sinal áudio visual também é acionado.

Na figura 9 ilustra o restante da sua composição: sistema gerador de raios x, Flat Painel, cabine de blindagem e sistemas de proteção (monitor fixo de radiação):

**Figura 9 - Cabine blindante, estação fixa de monitoração e comando bimanual**



FONTE: Arquivo pessoal, 2016.

O primeiro controle de acesso da sala de Raio X Industrial é realizado por catracas na entrada da empresa, gerido pelo setor de segurança patrimonial da empresa. Ademais, o equipamento foi instalado em uma sala especial em um dos pavilhões produtivos, com estrutura de concreto armado com características blindantes, com portas providas de chaves ou liberadas por crachá, limitando a entrada somente de pessoas autorizadas (IOEs).

## 4.2. OPERADORES E SUAS ATIVIDADES

O setor de laboratório que compreende a prática com RI é formado por um supervisor, sete laboratoristas dentre os quais, somente quatro são dosimetrados, ou seja, são os IOEs. Desses, por sua vez, três são operadores de radiografia certificados pela CNEN e um operador no estágio de aprendizado para certificação da CNEN.

As atividades do setor são divididas entre os laboratoristas conforme a especialidade de cada um. O operador aqui identificado como “Operador 1” é o funcionário que é dedicado 8 horas diárias, exclusivamente, para a atividade de radiografia industrial, sendo assim é o funcionário que possui maior risco, devido ao tempo exposição e de manuseio do equipamento. Por esse motivo, esse operador será a referência para o estudo.

Os operadores reservas possuem dosímetro somente para que estejam sempre preparados para operar o equipamento em caso de extrema necessidade, seja quando o “Operador 1” não estiver apto ou quando a demanda de inspeções aumenta. Através de relatos dos próprios operadores, dois deles não operam o equipamento a mais de dois anos. Porém, a empresa não possui evidências do acesso e permanência de forma esporádica que esses operadores ficam expostos a radiação ionizante.

Os laboratoristas que não são operadores certificados e que não possuem dosímetro não são autorizados a operar a máquina de radiografia industrial.

Para o “Operador 1”, a rotina das atividades de inspeção consiste em analisar uma amostra de peças de cada lote produzido, além de outros lotes de peças em desenvolvimento as quais passam pela avaliação do operador de radiografia industrial.

Antes de iniciar as atividades de inspeção, em todos os dias de trabalho, o operador cumpre algumas exigências operacionais e de proteção radiológica. O primeiro passo é retirar o dosímetro do porta dosímetros, e fixando-o na sua

lapela (requisito de proteção radiológica exige que antes de adentrar e operar a máquina é necessário que o operador esteja portando o seu dosímetro individual).

Logo após, realiza-se as aferições dos medidores de radiação utilizados, como forma de conferir e certificar que o equipamento está realizando as medidas de forma eficiente e eficaz.

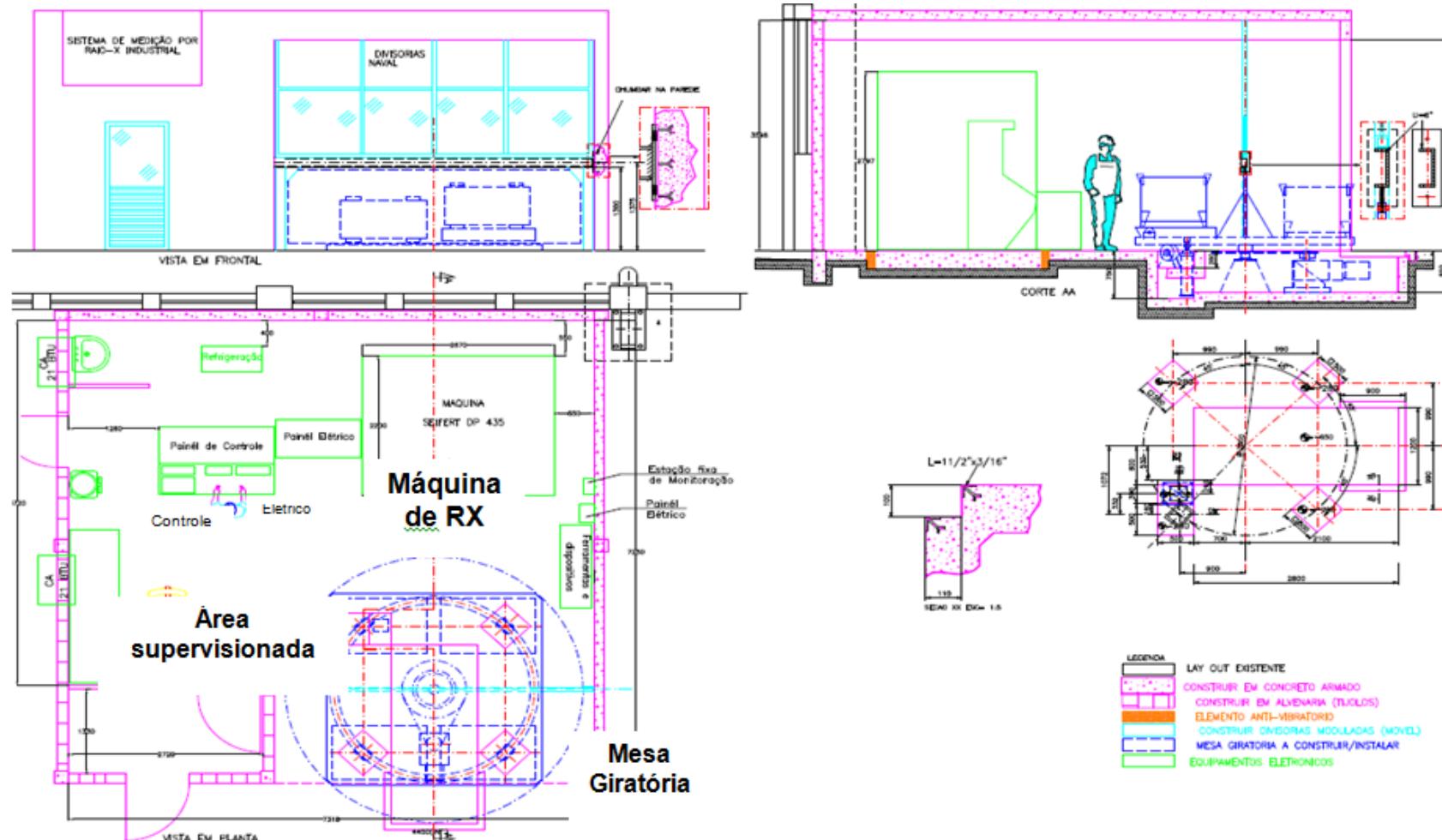
Em seguida, realiza-se um processo de aquecimento da máquina (do filamento de emissão termoiônica) para que a ampola esteja em condições ideais para ser utilizada. Só assim, as atividades de inspeção podem ser iniciadas.

O ciclo de inspeção consiste, basicamente, em retirar as peças de uma das caixas da mesa giratória, indicada na figura 10, posicionar-las no suporte do equipamento, acionar os botões bimanual para recolher o suporte e fechar a porta da cabine; inicializar o ciclo de verificações através dos monitores; e, finalizar o ciclo, acionando novamente o botão bimanual para estender o suporte e retirar as peças, posicionando-as na caixa de peças inspecionadas (de refugo ou aprovadas), localizadas na mesa giratória.

Esse ciclo se repete até que todas as peças da caixa sejam inspecionadas. Para iniciar outra caixa, aciona-se ou botão para girar a mesa giratória. Com o giro completo a parte da mesa que estava no interior da sala de Radiografia Industrial tem acesso externo, podendo assim realizar a troca da caixa. Desse modo, o operador de empilhadeira não possui acesso a sala supervisionada, tão pouco possui risco radiológico.

Para melhor compreensão, a figura 10 abaixo ilustra a layout da sala de Radiografia Industrial.

Figura 10 - Layout da sala de radiografia industrial



FONTE: Arquivo pessoal, 2016.

Ao final da inspeção da amostragem, todos os eventos são salvos através de imagens e suas respectivas informações de produção, e, posteriormente, um relatório de ensaio não destrutivo é elaborado.

O “Operador 1” deixa as dependências da sala em duas situações: sempre que há necessidade de levar informações da inspeção para o técnico responsável, ou nos intervalos de descanso e refeições. Um outra regra de segurança descreve que, sempre que IOE necessite de se ausentar, o mesmo deve assegurar que nenhuma pessoa não autorizada adentre a sala e tenha acesso a máquina emissora de RI. Esse procedimento deve ser feito através da verificação da tranca da porta e do desligamento total da máquina, incluindo a chave de comando.

#### 4.3. HISTÓRICO DE DOSES

A empresa em estudo possui um Serviço de Radioproteção, conforme exigências da CNEN, ligado diretamente ao setor de Engenharia de Segurança do Trabalho. O supervisor de proteção radiológica, reconhecido pela CNEN, possui controle de registros referente a proteção radiológica dos operadores, inclusive o histórico de doses.

A leitura das doses acumuladas é realizada ao final de todo mês. O acesso a esse banco de dados permitiu rastrear as doses do ano de 2015 de todos os IOEs, incluindo do “Operador1”, conforme compilado e representado através da Figura 11 abaixo.

Figura 11 - Histórico de doses dos operadores em 2015

OPERADOR	Ano 2015											
	Janeiro	Fevereiro	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
<b>Operador 1</b>	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR
<b>Operador 2</b>	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR
<b>Operador 3</b>	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR
<b>Operador 4</b>	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR
<b>Operador 5</b>	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR

FONTE: Arquivo pessoal, 2016.

Os laboratórios de dosimetria indicam “BG” ou “zero” ou ainda “ANR” para leituras de doses que não tiveram variação com referência ao BG. Geralmente, o laboratório contratado utiliza a referência do ANR de 0,2 mSV.

#### 4.4. LEVANTAMENTO RADIOMÉTRICO

Através da metodologia descrita na seção anterior, realizou-se as medições ambientais em três datas distintas: no dia 09 de dezembro de 2015, 08 de janeiro e 05 de fevereiro de 2016. Os resultados foram registrados utilizando o formulário modelo, indicado no anexo 1.

**Figura 12 - Resumo das medições do levantamento radiométrico**

BG (uSv/h)	PONTOS					
	A	B	C	D	E	F
Medição 1	0,09 a 0,5	0,09	0,23	0,42	0,09	0,23
Medição 2	0,09 a 0,5	0,09	0,23	0,42	0,09	0,23
Medição 3	0,09 a 0,5	0,09	0,09	0,71	0,09	0,33

FONTE: Arquivo pessoal, 2016.

O resultado das condições do ambiente de trabalho do operador é indicado no Anexo 2. Em resumo, as taxas de doses medidas são indicadas na Figura 12, acima.

Nesse contexto, para a caracterização da insalubridade e periculosidade do operador do equipamento de radiografia industrial auto blindante com relação ao risco físico, das RI, ao analisar os requisitos normativos conjuntamente as normas da CNEN, há uma ampla discussão, principalmente quando compara-se aos conceitos e consequências das radiações ionizantes.

Conforme descrito na NR 15 e as normas da CNEN, a caracterização da insalubridade leva em consideração o tempo de exposição do operador aos níveis de tolerância da RI e averiguados através da avaliação quantitativa das doses ocupacionais individuais/ambiental.

Sobre a conceituação de tempo de exposição verificou-se que, embora a Portaria 3311/89 tenha sido revogada, ainda se faz uso da referência nela contida que determina que a exposição do trabalhador ao agente físico RI acima de 30 minutos diários, considera-se como permanente intermitente. Nesse sentido constata-se, através da análise de suas atividades, que o Operador 1 está exposto de modo permanente/intermitente, haja vista que ele trabalha 8 horas por dia na operação do equipamento. Para os demais

operadores, por possuírem dosímetros individuais e inexistir evidências de exposição de maneira eventual, considera-se que a exposição se dá da mesma maneira, permanente/intermitente.

O resultado da avaliação quantitativa ambiental confere com o resultado dos históricos de doses, pois ambos indicam baixas taxas de doses a nível do BG, radiação de fundo. Logo, com doses incrementais nulas, os níveis de exposição estão abaixo do limite de tolerância de 20 mSv no ano e a atividade é considerada salubre.

Por outro lado, tecnicamente através das referências encontradas, percebeu-se que mesmo o homem exposto a doses baixas de RI existe probabilidade de desenvolver doenças, devido aos efeitos estocásticos. Logo, todo trabalho com radiações ionizantes pode comprometer a saúde do trabalhador, independente do valor de incremento de dose à radiação de fundo.

Para caracterização da periculosidade, cuja análise necessita de duas informações: a identificação do agente considerado perigoso na NR 16 e o tempo de exposição ao agente.

A NR 16 caracteriza como perigosa atividade exposta a RI para operação de radiografia industrial, gamagrafia e neutrongrafia através da Portaria nº 3393/87 no anexo (\*).

O tempo de exposição é analisado com o mesmo conceito da Portaria 3311/99 descrita acima. Com efeito, constata-se que o Operador 1 está exposto a RI de modo permanente/intermitente. De forma análoga, se estende esse conceito para os demais operadores, por possuírem dosímetros individuais e inexistir evidências que a exposição ocorre de maneira eventual, neste caso considera-se, também, que a exposição se dá da mesma maneira, permanente/intermitente.

Como a Portaria 3393/87 não fixou limites de tolerância de periculosidade para atividade de radiografia industrial e outras atividades que

envolvam RI, verifica-se que a atividade de operadores de radiografia industrial auto blindante da empresa em estudo é perigosa.

Contudo, os níveis de exposição a RI que levem ao risco de vida do trabalhador já são conhecidos, de 4Gy, ou seja, somente alguns equipamentos ou algumas substâncias radioativas possuem potencial de gerar essa energia radioativa.

Essas discrepâncias entre o conceito de insalubridade e periculosidade, indicações técnicas e requisitos legais faz com que o assunto seja muito discutido no meio de legalistas e de profissionais da área de segurança do trabalho, merecendo uma atenção especial dos órgãos regulamentadores.

## 5. CONCLUSÕES

A constatação final é de que o operador está exposto a RI de modo permanente/intermitente, a níveis de RI inferiores ao limite legal. Sendo assim, a operação do equipamento de radiografia industrial autoblindante é salubre.

Além disso, através das legislação atual, a prática de radiografia industrial é considerada uma atividade capaz de ser nocivo a vida do operador, por assim, é perigosa.

Assim, o objetivo de analisar a insalubridade e periculosidade da operação de um equipamento de radiografia industrial auto blindante foi alcançado.

## REFERÊNCIAS

BRASIL, Conter. **Portaria SVS/MS nº 453**, de 1 de junho de 1998. Disponível em [http://www.conter.gov.br/uploads/legislativo/portaria\\_453.pdf](http://www.conter.gov.br/uploads/legislativo/portaria_453.pdf) Acesso em: 14 fevereiro 2016.

BRASIL, Fundacentro. **Norma de Higiene Ocupacional – Procedimento Técnico Avaliação da Exposição Ocupacional aos Raios X nos Serviços de Radiologia.** Disponível em <<file:///C:/Users/09813856/Downloads/NHO05.pdf>> Acesso em: 14 fevereiro 2016.

BRASIL, **Comissão Nacional de Energia Nuclear.** Disponível em <<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm701.pdf>> Acesso em: 14 fevereiro 2016.

BRASIL, **Comissão Nacional de Energia Nuclear.** Disponível em <[www.cnen.gov.br](http://www.cnen.gov.br)>. Acesso em: 25 fevereiro 2016.

BRASIL, **Comissão Nacional de Energia Nuclear.** Disponível em <<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf>> Acesso em: 14 fevereiro 2016.

BRASIL, **Comissão Nacional de Energia Nuclear.** Disponível em <<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm302.pdf>> Acesso em: 14 fevereiro 2016

BRASIL. **Normas Regulamentadoras – NR - do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas a Segurança e Medicina do Trabalho.** Publicada em 6 de julho de 1978. Disponível em: <<http://www010.dataprev.gov.br/sislex/paginas/63/mte/1978/3214.htm>>. Acesso em: 20 fevereiro 2016.

BRASIL. **Tribunal Superior do Trabalho.** Súmulas nº 47 e 364. Disponível em: <[http://www3.tst.jus.br/jurisprudencia/Sumulas\\_com\\_indice/Sumulas\\_Ind\\_351\\_400.html#SUM-364](http://www3.tst.jus.br/jurisprudencia/Sumulas_com_indice/Sumulas_Ind_351_400.html#SUM-364)>. Acesso em: 21 fevereiro 16.

BRASIL. **Constituição da Republica Federativa do Brasil:** Publicada em 5 de outubro de 1988. Brasília. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/ConstituicaoCompilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/ConstituicaoCompilado.htm)>. Acesso em: 20/02/16.

BRASIL. **Consolidação das leis do trabalho:** Publicada em 1 de maio de 1943. Brasília. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/Del5452.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del5452.htm)>. Acesso em: 20 fevereiro 2016.

CAMISASSA, Mara Queiroga. **Segurança e Saúde no Trabalho – NRs 1 a 36 comentadas e descomplicadas.** Rio de Janeiro: Forense; São Paulo: Método: 2015. p.371.

CANEVARO, Lúcia. **Riscos Biológicos da Radiação Ionizante na Intervenção Cardiovascular.** Rio de Janeiro, 2009. Disponível em <[http://sbhci.org.br/wp-content/uploads/2011/03/VI\\_Lucia\\_Canevaro-Riscos\\_biológicos.pdf](http://sbhci.org.br/wp-content/uploads/2011/03/VI_Lucia_Canevaro-Riscos_biológicos.pdf)>. Acesso em: 11fevereiro 2016.

CARDOSO, Elieser de Moura. **Energia Nuclear e suas Aplicações.** Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br/images/cnen/documentos/educativo/apostila-educativa-aplicacoes.pdf>>. Acesso em: 21 fevereiro 2016.

INMETRO. **Sistema Internacional de Unidades.** 1º Edição Brasileira. Disponível em: <<http://fisica.ufpr.br/evaldo/grandezas-unidades-SI.pdf>>. Acesso em: 11fevereiro 2016.

IPEN. **Noções Básicas de Proteção Radiológica.** Disponível em <[http://www.engeworks.com.br/arquivos/PROTE%C3%87%C3%83O%20RADIO\\_L%C3%93GICA.pdf](http://www.engeworks.com.br/arquivos/PROTE%C3%87%C3%83O%20RADIO_L%C3%93GICA.pdf)>. Acesso em 21/02/16.

NOUAILHETAS, Yannick. **Radiações Ionizantes e a Vida – Apostila Educativa.** CNEN. Disponível em <<http://www.cnen.gov.br/images/cnen/documentos/educativo/radiacoes-ionizantes.pdf>>. Acesso em: 21 fevereiro 2016.

OKUNO, Emico. **Efeitos biológicos das radiações ionizantes. Acidente radiológico de Goiânia.** 2013. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142013000100014&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142013000100014&script=sci_arttext)>. Acesso em: 11fevereiro 2016.

SAAD, E.G.;SAAD,J.E.D.;BRANCO,A.M.S.C. **Consolidação das Leis do Trabalho.** 48.ed.São Paulo: Ltr,2015.

SALIBA, T.M.;CORRÊA,M.A.C. **Insalubridade e periculosidade: aspectos técnicos e práticos.** 13.ed.São Paulo: Ltr, 2014.

SEGURANÇA E TRABALHO ON LINE. **Radiações Ionizantes: Aplicações e Cuidados.** Disponível em <<http://www.segurancaetrabalho.com.br/download/rad-ioniz-cuidados.pdf>> Acesso em: 05 fevereiro 2016.

SILVA, Romeu Ricardo da. **Radiografia Industrial. Técnicas Convencionais e Avançadas.** 1º Edição São Paulo-SP. Edição: Abendi, 2010

TAUHATA, Luis; SALATI, Ivan; PRINZIO, Renato Di; PRINZIO, Antonieta Di. **Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos.** 10º Revisão. Rio de Janeiro IRD/CNEN. 2014. Disponível em

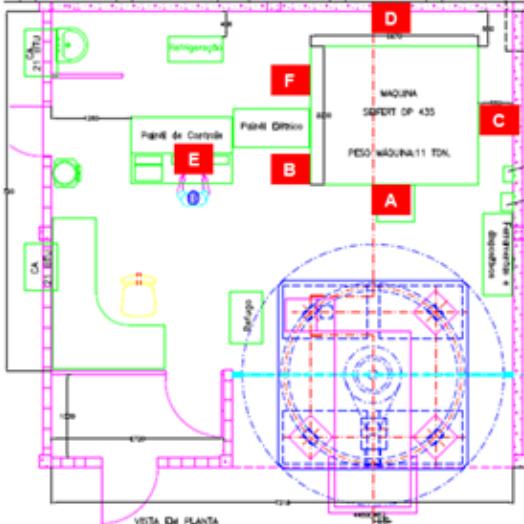
<file:///C:/Users/09813856/Downloads/Radioprote%C3%A7%C3%A3o%20e%20Dosimetria%20-%20Fundamentos-FINAL%20(I).pdf>. Acesso em: 11fevereiro 2016.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, Programa de Educação Continuada – **Apostila eST 202 “Higiene do Trabalho – Parte B”**, capítulo 06, p.2. São Paulo, 2014.

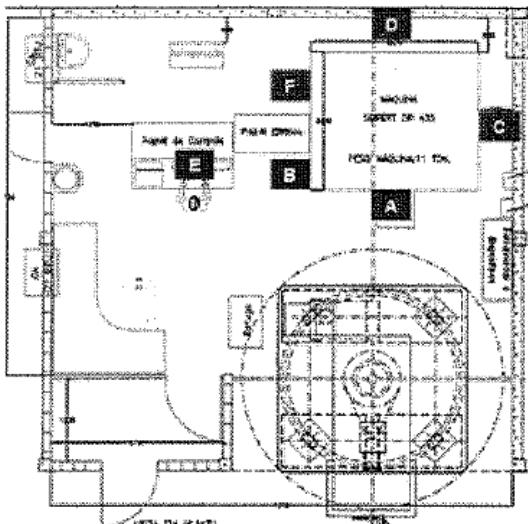
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, Programa de Educação Continuada . **Apostila eST 501 “O Ambiente de Trabalho e Doenças Ocupacionais”**, capítulo 12, p.179, 2014.

## **ANEXOS**

## Anexo 1 – Ficha de Registro de Levantamento Radiométrico

<b><u>FICHA DE REGISTRO DE LEVANTAMENTO RADIOMÉTRICO</u></b>																																																																																					
 <p>VISTA EM PLANTA</p>			<b>DADOS DO EQUIPAMENTO MEDIDOR</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">EQUIPAMENTO:</td> <td>Geiger Muller</td> </tr> <tr> <td>FABRICANTE:</td> <td>Automess</td> </tr> <tr> <td>MODELO:</td> <td>6150 AD 6/H</td> </tr> <tr> <td>DATA CALIBRAÇÃO:</td> <td>19/11/2015</td> </tr> <tr> <td>CERT.DE CALIBRAÇÃO:</td> <td>LMRI Nº8932/1115</td> </tr> </table>		EQUIPAMENTO:	Geiger Muller	FABRICANTE:	Automess	MODELO:	6150 AD 6/H	DATA CALIBRAÇÃO:	19/11/2015	CERT.DE CALIBRAÇÃO:	LMRI Nº8932/1115	<b>DADOS DO EQUIPAMENTO EMISSOR</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">EQUIPAMENTO:</td> <td>Radiografia Industrial</td> </tr> <tr> <td>FABRICANTE:</td> <td>Selfert</td> </tr> <tr> <td>MODELO:</td> <td>ISOVOLT 320 HS</td> </tr> <tr> <td>POTÊNCIA:</td> <td>320 kV</td> </tr> <tr> <td>AMPERAGEM</td> <td>7mA</td> </tr> </table>		EQUIPAMENTO:	Radiografia Industrial	FABRICANTE:	Selfert	MODELO:	ISOVOLT 320 HS	POTÊNCIA:	320 kV	AMPERAGEM	7mA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="width: 15%;">DATA</th> <th rowspan="2" style="width: 15%;">HORA</th> <th rowspan="2" style="width: 15%;">BG (<math>\mu\text{Sv}/\text{h}</math>)</th> <th colspan="2" style="width: 20%;">AFERIÇÃO</th> <th colspan="5" style="width: 30%;">PONTOS</th> <th rowspan="2" style="width: 10%;">Realizado por:</th> <th rowspan="2" style="width: 10%;">Assinatura</th> </tr> <tr> <th>Referência</th> <th>Situação</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> </tr> </tbody> </table>			DATA	HORA	BG ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	AFERIÇÃO		PONTOS					Realizado por:	Assinatura	Referência	Situação	A	B	C	D	E	F																																				
EQUIPAMENTO:	Geiger Muller																																																																																				
FABRICANTE:	Automess																																																																																				
MODELO:	6150 AD 6/H																																																																																				
DATA CALIBRAÇÃO:	19/11/2015																																																																																				
CERT.DE CALIBRAÇÃO:	LMRI Nº8932/1115																																																																																				
EQUIPAMENTO:	Radiografia Industrial																																																																																				
FABRICANTE:	Selfert																																																																																				
MODELO:	ISOVOLT 320 HS																																																																																				
POTÊNCIA:	320 kV																																																																																				
AMPERAGEM	7mA																																																																																				
DATA	HORA	BG ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	AFERIÇÃO		PONTOS					Realizado por:	Assinatura																																																																										
			Referência	Situação	A	B	C	D	E			F																																																																									

## Anexo 2 – Registro do Levantamento Radiométrico

<u>FICHA DE REGISTRO DE LEVANTAMENTO RADIOMÉTRICO</u>												
			<b>DADOS DO EQUIPAMENTO MEDIADOR</b>		<b>DADOS DO EQUIPAMENTO EMISSOR</b>							
			EQUIPAMENTO:	Geiger Muller	EQUIPAMENTO:	Radiografia Industrial						
			FABRICANTE:	Automess	FABRICANTE:	Seilent						
			MODELO:	6150 AD 6/H	MODELO:	ISOVOLT 320 HS						
			DATA CALIBRAÇÃO:	19/11/2015	POTÊNCIA:	320 KV						
			CERT. DE CALIBRAÇÃO:	UMRI N°8932/1115	AMPERAGEM	7mA						
DATA	HORA	BG ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	AFERIÇÃO		PONTOS					Realizado por:	Assinatura	
			Referência	Situação	A	B	C	D	E			F
09/12/15	10:35	0,09	8,83 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	OK	0,09	0,13	0,98	0,09	0,23	0,23	Larissa	franiqui
08/01/16	09:15	0,09	8,83 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	OK	0,09	0,26	0,41	0,09	0,31	0,09	Larissa	franiqui
05/01/16	13:30	0,09	8,83 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	OK	0,09	0,31	0,71	0,09	0,33	0,15	Larissa	franiqui