

CONDIÇÕES DO MEIO AMBIENTE DE TRABALHO E RISCOS DA EXPOSIÇÃO AOS RAIOS X NO SERVIÇO DE RADIODIAGNÓSTICO DE UM HOSPITAL PÚBLICO

MINISTÉRIO
DO TRABALHO E EMPREGO



FUNDACENTRO
FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO
DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO

CONDIÇÕES DO MEIO AMBIENTE DE TRABALHO
E RISCOS DA EXPOSIÇÃO AOS RAIOS X NO SERVIÇO
DE RADIODIAGNÓSTICO DE UM HOSPITAL PÚBLICO

PRESIDENTE DA REPÚBLICA
Fernando Henrique Cardoso
MINISTRO DO TRABALHO E EMPREGO
Paulo Jobim Filho

FUNDACENTRO

PRESIDENTE DA FUNDACENTRO

Humberto Carlos Parro

DIRETOR EXECUTIVO

José Gaspar Ferraz de Campos

DIRETOR TÉCNICO

João Bosco Nunes Romeiro

DIRETOR DE ADMINISTRAÇÃO E FINANÇAS

Antonio Sérgio Torquato

ASSESSORA ESPECIAL DE PROJETOS

Sonia Maria José Bombardi

Robson Spinelli Gomes
Bacharel em Física pela PUC-SP
Mestre em Ciência Ambiental pela USP
Pesquisador da FUNDACENTRO

**CONDIÇÕES DO MEIO AMBIENTE
DE TRABALHO E RISCOS DA
EXPOSIÇÃO AOS RAIOS X NO SERVIÇO
DE RADIODIAGNÓSTICO DE UM
HOSPITAL PÚBLICO**

**MINISTÉRIO
DO TRABALHO E EMPREGO**



FUNDACENTRO
FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO
DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO

2002

*A cada um de nós Deus permitiu a existência, e nesta existência ele permitiu aos ser humano crescer, prosperar, sonhar, acreditar, realizar...
A ele agradeço a possibilidade de desenvolver o raciocínio e o discernimento na Ciência Ambiental.*

Robson Spinelli Gomes

*À minha querida mãe
Odila Amorim Gomes
in memoriam,
a quem dedico toda a minha carreira científica.
Às minhas tias e irmãos,
Leda, Vera e Elizete.*

AGRADECIMENTOS

À professora **Dra. Marcília Medrado Faria**, pelo incentivo, paciência e orientação que me transmitiu no desenvolvimento deste trabalho.

Ao corpo docente, discente e secretaria do PROCAM, que me possibilitaram a visão interdisciplinar e multiinstitucional da questão da Ciência Ambiental.

Às colegas da equipe na Fundacentro, **Claudia Carla Gronchi** e **Sonia Garcia Pereira Cecatti**, pela ajuda primordial na primeira fase deste trabalho.

Ao amigo e colega **Júlio César Bezerra Lucas**, porque sem sua colaboração este estudo, tudo seria mais difícil.

Às amigas e colegas **Sonia Maria José Bombardi** e **Iracema Fagá**, que sempre apoiaram e colaboraram para a minha dedicação a este trabalho.

Ao instituto de Radiologia do Hospital das Clínicas, que possibilitou a execução do trabalho, em particular ao **Prof. Dr. Giovanni Guido Cerri**, Diretor Clínico e Diretor da Divisão de Clínica Radiológica, e ao **Sr. Antonio Carlos da Silva**, Diretor Técnico de Serviço de Saúde.

Ao físico **José Salvador Caballero**, responsável pela Proteção Radiológica do Hospital das Clínicas.

A todos os técnicos de radiologia, a quem espero poder colaborar com as informações e recomendações aqui relatadas.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	13
LISTA DE TABELAS E QUADROS	15
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	19
LISTA DE FOTOS	21
RESUMO	23
ABSTRACT	25
INTRODUÇÃO GERAL	27
CAPÍTULO 1 – ASPECTOS TÉCNICOS DE RADIAÇÃO TIPO RAIOS X	
1.1 Propriedades, usos, efeitos e controle dos Raios X	29
1.2 Princípios científicos e éticos das aplicações dos Raios X	32
1.3 Indicadores de exposição a radiação ionizante	38
1.3.1 Unidades das radiações ionizantes	40
1.3.2 Limite de dose de exposição	41
1.4 Natureza, características e produção dos Raios X	
1.4.1 Fatores que modificam o espectro e a qualidade dos Raios X	45

CAPÍTULO 2 – ASPECTOS TÉCNICOS DE RADUILOGIA MÉDICA	
2.1 Raios X na radiologia médica	53
2.2 Avaliação ambiental e indicadores de exposição no Brasil	54
2.3 Indicadores biológicos de efeitos da exposição	58
2.4 Objetivos do estudo	59
CAPÍTULO 3 – MATERIAL E MÉTODOS	
3.1 Análise do uso e medidas de controle dos Raios X em serviços de radiologia do Estado de São Paulo	61
3.2 Avaliação de condições de riscos e medidas de controle de radiação (Raios X) do serviço de radiologia de um hospital público da Grande São Paulo	62
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS	
4.1 Resultados da avaliação da utilização dos Raios X e medidas de radioproteção nos serviços de radiologia dos hospitais do Estado de São Paulo	65
4.2 Resultados da análise de condições de riscos e medidas de controle do serviço de radiologia de um hospital público da Grande São Paulo	71
4.2.1 Percepção e comportamento dos trabalhadores em relação às técnicas radiológicas, riscos e medidas de controle	72
4.2.2 Informações prestadas pelo Serviço de Segurança do trabalho, Serviço de Higiene e Medicina do Trabalho	81
CAPÍTULO 5 – DISCUSSÃO	113
CONCLUSÃO	121
ANEXOS	
Anexo 1 Questionário – Pesquisa sobre os serviços de radiologia do Estado de São Paulo	127
Anexo 2 Roteiro – Entrevista com técnicos do Serviço de Radiologia	131
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	135

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Tubo de Raios X	43
Figura 2	Ilustração do campo luminoso	44
Figura 3	Espectro total dos Raios X	45
Figura 4	Varição do espectro dos Raios X pela variação da kV	46
Figura 5	Espectro dos Raios X e material do alvo	47
Figura 6	Formada onda aplicada em um tubo de Raios X	48
Figura 7	Espectro dos Raios X e forma da onda aplicada	49
Figura 9	Modificação do espectro dos raios X pelo uso dos filtros	50
Figura 10	Os filtros e os espectros dos Raios X	51
Figura 11	Disposição dos filtros de cobre e alumínio	51

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1	Fator de qualidade “Q” das distintas radiações	40
Tabela 2	Limites de dose recomendados pela ICRP 60	41
Tabela 3	Limites primários anuais de dose estabelecidos pela CNEN – NE-3.01	57
Tabela 4	Distribuição percentual do responsável pelo setor de Raios X em 176 hospitais	66
Tabela 5	Distribuição percentual referida do responsável pela radioproteção em 176 hospitais	66
Tabela 6	Distribuição percentual dos tipos de equipamentos de diagnósticos emissores de Raios X nos serviços de radiologia	67
Tabela 7	Distribuição percentual da sinalização de advertência existente nas 463 salas de Raios X em 176 hospitais de São Paulo	67
Tabela 8	Distribuição percentual do tipo de Sala de Comando dos equipamentos de Raios X em 176 hospitais de São Paulo	67
Tabela 9	Distribuição percentual referente ao tipo de colimação utilizada nos aparelhos de Raios X em 176 hospitais de São Paulo	68
Tabela 10	Distribuição percentual referida da filtração indicada no equipamento de Raios X em 176 hospitais de São Paulo	68

Tabela 11	Distribuição percentual da existência de manutenção preventiva nos equipamentos de Raios X em 176 hospitais de São Paulo, por setor hospitalar	69
Tabela 12	Distribuição percentual referida da periodicidade da manutenção preventiva nos equipamentos de Raios X em 176 hospitais de São Paulo	69
Tabela 13	Distribuição percentual referida da existência de indicação da espessura de chumbo nos aventais dos 176 hospitais de São Paulo	70
Tabela 14	Distribuição percentual referida aos tipos de dosímetro utilizado em 176 hospitais de São Paulo	70
Tabela 15	Distribuição percentual referida aos tipos de equipamentos de proteção individual disponíveis nas 463 salas de Raios X em 176 hospitais de São Paulo	71
Tabela 16	Distribuição percentual do INRAD no Serviço de Radiologia segundo o sexo	72
Tabela 17	Distribuição percentual dos trabalhadores do INRAD no Serviço de Radiologia segundo o estado civil	73
Tabela 18	Distribuição percentual da faixa etária do grupo Amostrado no INRAD	73
Tabela 19	Distribuição dos trabalhadores segundo o tempo de trabalho na instituição e no serviço radiológico	74
Tabela 20	Distribuição percentual da referência dos técnicos do INRAD do último treinamento em proteção radiológica	74
Tabela 21	Distribuição dos trabalhadores do INRAD segundo referência do modo de utilização do dosímetro juntamente com avental plumbífero	75
Tabela 22	Distribuição dos trabalhadores do INRAD segundo referência do modo de utilização do dosímetro juntamente com avental plumbífero	76
Tabela 23	Relação entre a classificação de risco e outra atividade externa ao INRAD	76
Tabela 24	Distribuição percentual referida do conhecimento dos técnicos do INRAD em relação às técnicas de produção de imagens radiográficas em Radiologia, Mamografia e Tomografia	77
Tabela 25	Distribuição percentual referida dos técnicos do INRAD sobre o conhecimento dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI)	79

Tabela 25A	Distribuição percentual referida do conhecimento Real e errôneo dos EPI's	79
Quadro 1	Características Gerais de algumas salas de exame no Setor de Radiologia do Hospital das Clínicas de São Paulo	84

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Al	Alumínio
CNEN	Comissão Nacional de Energia Atômica
Cu	Cobre
CVS	Centro de Vigilância Sanitária
ddp	Diferença de Potencial
DNA	Desoxiribonucleic Acid
E	Energia Cinética dos Elétrons
EBR	Eficiência Biológica Relativa
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FMUSP	Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
HC	Hospital das Clínicas
ICRP	International Commission on Radiological Protection
ICRU	International Commission on Radiation Units and Measurements
INRAD	Instituto de Radiologia
Kerma	Kinetic Energy Released in the Medium
kV	Quilovoltagem
kVp	Quilovoltagem de pico
mA	Miliamperagem
MS	Ministério da Saúde
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NBR	Norma Brasileira

NR	Norma Regulamentadora
PCMSO	Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
RAD	Radiation Absorbed Dose
RX	Raios X
SESMT	Serviço Especializado de Segurança e Medicina do Trabalho
Sn	Estanho
TLE	Transferência Linear de Energia
UTI	Unidade de Terapia Intensiva

LISTA DE FOTOS

Foto 1	Local de guarda dos dosímetros	91
Foto 2	Corredor que dá acesso às salas de Raios X no Serviço de Radiologia/Ambulatório	92
Foto 3	Indicação dos Raios X com dispositivo luminoso acima da porta da sala de Raios X	93
Foto 4	Sinalização da radiação na porta da sala de Raios X	94
Foto 5	Interior da sala de Raios X: visualização à direita da cabine de comando semi-aberta	95
Foto 6	Interior da sala de Raios X: visualização à direita da cabine fechada	96
Foto 7	Painel de comando do equipamento de Raios X com comando quebrado	97
Foto 8	Painel de comando do equipamento de Raios X com funções de voltagem à direita apagadas	98
Foto 9	Uso de colimadores do feixe de Raios X (tipo cone)	99
Foto 10	Alguns tipos de cones de feixe utilizados na radiologia	100
Foto 11	Interior de uma sala de Raios X, mostrando o uso de lençol sobre a mesa de exames	101
Foto 12	Interior de uma sala de Fluoroscopia	102
Foto 13	Interior de uma sala de exames vasculares	103
Foto 14	Processadora automática de revelação de filmes radiográficos	104

Foto 15	Biombo improvisado na sala de Intervenção Vascular	105
Foto 16	Biombo da Foto 15 utilizado como anteparo para a porta de entrada	106
Foto 17	Avental de chumbo a ser utilizado pelos técnicos de radiologia nas salas de Raios X	107
Foto 18	Forma adequada de guardar o avental	108
Foto 19	Interior da sala de Tomografia no Pronto-Socorro	109
Foto 20	Visualização da porta de entrada da sala de Tomografia e Sala de Comando	110
Foto 21	Entrada da câmara escura no Pronto-Socorro	111
Foto 22	Interior da câmara escura da Foto 21	112

RESUMO

Considerando que as exposições radiológicas médicas, no Brasil, constituem ainda hoje a principal fonte de exposição às radiações ionizantes artificiais (Raios X), foi realizado um estudo das condições de trabalho no serviço de radiologia médica do Estado de São Paulo. Visando analisar as condições de utilização dos Raios X e respectivas medidas de controle das radiações, foram desenvolvidas duas abordagens: estudo de uma amostra dos serviços de radiologia no Estado de São Paulo e avaliação de condições de risco e medidas de controle de radiação (Raios X) do serviço de radiologia de um hospital público da Grande São Paulo.

Na segunda abordagem, usaram-se as seguintes metodologias para a coleta de dados: entrevistas com os técnicos de radiologia e profissionais responsáveis pelo Serviço Especializado de Segurança e Medicina do Trabalho; informações colhidas através de fontes secundárias e observação dos ambientes de trabalho.

O estudo apresenta as condições do meio ambiente de trabalho, as situações reais de exposição à radiação e a percepção dos trabalhadores em relação ao risco de exposição. Conclui que a realidade das condições de trabalho dos serviços de radiologia depende da filosofia administrativa do serviço e do conhecimento de proteção radiológica dos profissionais responsáveis, dos técnicos de radiologia e de outros profissionais que exercem atividades junto aos equipamentos de Raios X.

É sugerido que os hospitais organizem programas de Saúde Ocupacional com equipe multidisciplinar que possa desenvolver medidas sistemáticas

de controle das condições ambientais e da exposição dos trabalhadores. Esses programas devem ser mais amplos nos hospitais universitários, para atender às atividades de ensino e pesquisa. Acredita-se que isso repercutirá de modo significativo no avanço do conhecimento na área da Ciência Ambiental.

ABSTRACT

Considering that the medical radiological exposition, in Brazil, constitute, still now, the main exhibition source to the artificial ionizing radiation X-Ray, it was developed a study of the work conditions in the medical radiology services of a São Paulo Public Hospital. Aiming to analyze the conditions of the use of the X-Ray equipments and respective measures of radiation control, two approaches were considered: It was developed a study with a sample in the radiology services in Sate of São Paulo and evaluation of the risk conditions and measures of radiation control X-Ray of a public hospital radiology services in São Paulo City.

In the second approach, the methodology used for collecting data were the following: interviews with the radiology technicians and responsible professionals for the Specialized Service of Safety and Work Medicine; information collected through secondary sources and observation of the work environment.

The study presents the conditions of the work environment, the real situation of the exposition to the radiation and the professionals perception related to the risk exposition.

It follows that the reality of the conditions of work of the radiology services depends on the administrative philosophy on the service and of the knowledge level of the professionals responsible for the radiological protection the radiology techniques and the other professionals that develop activities close to the X-Ray equipments.

The suggestion is that the hospitals organize Occupational Health

Programs with multidisciplinary team that can develop systematic measures of control of the environmental conditions and of the workers exposition. These programs should be wider in the university hospitals in order to support the teaching and research activities. It is believed that this will reflect, in a significant way, for the progress of the knowledge in the field of the Environmental Science.

INTRODUÇÃO GERAL

*E*ste estudo representa a análise das condições de meio ambiente de trabalho junto aos serviços de radiologia (Raios X) dos hospitais no Estado de São Paulo, aprofundando-se, em espécie, num hospital público.

Dessa forma, apresenta-se a partir do primeiro capítulo um histórico do assunto, aspectos relativos aos parâmetros na análise dos efeitos biológicos oriundos da radiação, parâmetros na abordagem da exposição ocupacional; Unidades utilizadas, limites recomendados; natureza, produção e características dos Raios X, fatores que modificam o espectro e a qualidade dos Raios X; parâmetros legislativos; utilização dos Raios X nos serviços de medicina, exame médicos.

O trabalho foi desenvolvido através de estudo de campo, entrevistam coleta de informações *in loco*, permitindo uma análise das condições de trabalho e comportamento dos trabalhadores e dos responsáveis nos serviços de radiologia hospitalar.

1.1 Propriedades, usos, efeitos e controle dos Raios X

A descoberta dos raios X pelo físico Wilhem Roentgen em 1895, e a investigação dos fenômenos da radioatividade por Antonio Henry Bequerel em 1896, através da determinação das emissões radioativas dos sais de urânio, permitiram avanços científicos e tecnológicos significativos para a humanidade. As suas aplicações foram fundamentais para o progresso da Medicina.

Essas descobertas, comemoradas há mais de cem anos, apesar dos seus importantes aspectos positivos podem causar efeitos danosos para o homem. Os estudos sobre as aplicações e os efeitos das radiações usadas na Medicina têm ocorrido desde o início do século XX. Nesse sentido, pesquisadores e técnicos organizaram a Sociedade Internacional de Radiologia.

Em 1928 foi criado o Comitê Internacional de Raios X e Radioproteção, por recomendação do Segundo Congresso Internacional de Radiologia. Em 1950 esse Comitê transformou-se na atual Comissão Internacional de Proteção Radiológica (International Commission on Radiological Protection – ICRP). Embora ligada à Sociedade Internacional de Radiologia, a Comissão ampliou suas atividades para outros tipos de radiações ionizantes.

Atualmente a ICRP trabalha em conjunto com a Comissão Internacional de Unidades e Medidas de Radiação (ICRU) e mantém ligações oficiais com várias instituições internacionais tais como a Organização Mundial de Saúde (OMS)^{23,44}, a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), a Organização Internacional do Trabalho (OIT), o Comitê Científico da Organi-

zação das Nações Unidas (ONU) para os Efeitos da Radiação Atômica, a Comissão da Comunidade Econômica Européia (CEU), a Organização Internacional de Padronização Radiológica (IRPA). A ICRP considera os avanços registrados pela comunidade científica e os incorpora em seus estudos, projetos e recomendações, transferindo-os aos organismos de planejamento e gestão de políticas internacionais.

Através de recomendações publicadas nos anos 1959, 1964, 1966 e 1977, a ICRP projetou o sistema de proteção radiológica, aplicado em praticamente todos os países. Em 1991 foram publicadas as novas recomendações da ICRP, com modificações nas grandezas dosimétricas básicas, no sistema de limitação de dose, apresentando a nova metodologia utilizada para estimar o risco associado ao uso das radiações ionizantes.

O sistema de proteção radiológica tem evoluído desde a aplicação de limites individuais de dose para órgãos críticos, onde a função principal é evitar efeitos determinísticos e efeitos genéricos, até a preocupação com a probabilidade de incidência de câncer no indivíduo exposto.

Esses avanços foram conseguidos através de aumento do conhecimento dos efeitos da radiação ionizante, obtidos nas comparações de diferentes populações e grupos expostos ao longo do tempo. Nesse sentido, a disponibilidade de informações é primordial para o avanço do conhecimento nesse campo.

Os estudos laboratoriais de radiobiologia têm sido de grande importância para explicar os mecanismos dos efeitos radioinduzidos e estimar probabilidade de dano em situações em que as informações relativas ao homem não são estatisticamente possíveis. Este é o caso dos efeitos de caráter probabilístico para exposições em baixas doses e baixas taxas de dose⁴².

A importância em proteção radiológica na Medicina é grande em face do fato de que a maioria das pessoas são expostas à radiação ionizante justamente na utilização de Raios X provenientes de serviços médicos e, em muitos casos, as doses individuais são freqüentes e elevadas em relação aos padrões estabelecidos na norma^{3,7,15,27}. Em países com bom sistema de atenção à saúde, o número de procedimentos de diagnóstico radiológico é quase um para cada membro da população. Além disso, as doses em pacientes para o mesmo tipo de exame diferem largamente de local para local, sugerindo que existe um considerável campo para redução de dose em situações de uso inadequado.

As exposições à radiação em Medicina são predominantemente em indivíduos submetidos a diagnósticos, rastreamento ou terapia. Os profissionais

e outros indivíduos que ajudam a conter ou a confortar pacientes são também sujeitos a exposição. Incluem-se nestes indivíduos os acompanhantes, pais ou familiares que seguram as crianças durante um procedimento diagnóstico, ou mesmo aqueles que podem vir a ficar perto de pacientes após uma administração de radiofármacos ou durante a braquiterapia. A exposição de indivíduos do público em geral também ocorre, mas é quase sempre muito pequena. A proteção radiológica em Medicina tem que lidar com todas essas exposições².

Em 1990 o ICRP revisou completamente suas recomendações básicas, publicando-as em 1991 com ICRP Publicação 60. Nessa publicação estabelece aplicações de medidas preventivas em novas situações e atividades, contendo material básico sobre tópicos como efeitos biológicos da radiação ionizante e explicações sobre os fundamentos de julgamento sobre os quais as recomendações foram baseadas. Subseqüentemente, a ICRP concluiu que seria útil proporcionar àqueles envolvidos na prática e administração do serviço de saúde um relatório mais curto derivado da Publicação 60 – o ICRP 73 (1996)^{7,20}

Todavia, a Comunidade Científica, de maneira geral, somente se deparou com os efeitos das radiações ionizantes em 6 de agosto de 1945, quando os Estados Unidos bombardearam a cidade de Hiroshima e, três dias depois, a cidade de Nagasaki, ambas no Japão, finalizando a Segunda Guerra Mundial e provocando a morte de aproximadamente 64 mil japoneses. Com esse evento, todos os povos passaram a temer os efeitos deletérios da radiação e vários estudos dos efeitos da radiação ionizante foram desenvolvidos e publicados.

Nos dias de hoje, apesar de conhecer os efeitos dos Raios X, encontram-se muitas atividades de trabalho com fontes radioativas e equipamentos de Raios X sendo executadas sem os devidos cuidados.

Para melhor compreender as especificidades do Raios X, são apresentados os aspectos mais importantes e diferenciadores das radiações ionizantes no homem.

As radiações ionizantes, por seu alto poder energético, têm capacidade para ionizar a matéria ao incidir sobre ela. A chamada ionização está relacionada com a capacidade desta forma de energia “arrancar” elétrons dos átomos constituintes da matéria ao incidir sobre a matéria biológica. Os Raios X constituem a radiação eletromagnética correspondente a uma região do espectro de energias acima das radiações denominadas de ultravioleta (não-ionizantes). Assim como a radiação gama procede do núcleo dos átomos chamados instáveis, os raios X são um fenômeno da eletrosfera, sendo sua energia superior a 100 eV, muito maior que a luz visível, considerada a única forma

de radiação que os seres humanos são capazes de visualizar a olho nu. Assim, em função dos níveis de energias dos raios X, estes conseguem atravessar camadas espessas opacas à luz^{9,27,39}.

As radiações não ionizantes englobam: radiação ultravioleta, radiação visível e radiação infravermelha, microondas e radiofrequências, ultra-sons. Têm aplicações também na prática médica, mas não tem energia suficiente para ionizar a matéria; neste caso, provoca apenas a excitação, ou seja, alteração do seu estado rotacional e/ou vibracional da células, dependendo da energia envolvida.

As radiações ionizantes estão incluídas no espectro eletromagnético, tais como os raios X e os raios gama, que não têm carga elétrica e são desprovidos de massa atômica. Suas energias são emanadas sob a forma de ondas eletromagnéticas. As outras radiações ionizantes têm natureza corpuscular, tais como as partículas alfa e beta, que possuem massa atômica e cargas definidas, executando as partículas de nêutrons que não possuem carga.

Além dos raios X, as outras radiações ionizantes citadas acima têm aplicações na Medicina, porém não serão objeto de estudo neste trabalho⁹.

1.2 Princípios científicos e éticos das aplicações dos Raios X

As Recomendações da ICRP aplicam-se às radiações ionizantes e suas diretrizes são derivadas diretamente das informações científicas disponíveis sobre os efeitos biológicos da radiação.

Segundo a ICRP, os efeitos biológicos da radiação podem ser agrupados em dois tipos: determinístico e estocástico.

(a) **Efeitos determinísticos** – o efeito ocorre apenas quando muitas células em um órgão ou tecido são inativas, e será clinicamente observado apenas se a dose de radiação for maior do que um certo limiar. A magnitude desse limiar depende da taxa de dose (isto é, dose por unidade de tempo); do órgão e do efeito clínico. Com o aumento da dose acima do limiar, a probabilidade de ocorrência subirá abruptamente para a unidade (100%), isto é, toda pessoa exposta apresentará o efeito e a gravidade do efeito aumentará com a dose.

(b) **Efeitos estocásticos** – existe boa evidência da biologia celular e molecular de que o dano da radiação no DNA em uma única célula pode resultar em uma célula transformada que ainda é capaz de reprodução. Apesar

das defesas do corpo, que são geralmente muito efetivas, existe uma pequena probabilidade de que esse tipo de dano, promovido pela influência de outros agentes não necessariamente associados com a radiação, possa levar a uma condição de malignidade. Como a probabilidade é pequena, isso ocorrerá apenas em algumas das pessoas expostas. Se o dano inicial for produzido em células germinativas das gônadas, poderão ocorrer efeitos hereditários. Esses efeitos, somáticos e hereditários, são chamados de estocásticos.

Para a ICRP existe evidência suficiente para concluir que os efeitos estocásticos da radiação podem ocorrer apesar da probabilidade muito pequena com doses muito baixas, isto é, não existe limiar de dose abaixo do qual não haverá risco. A probabilidade de efeito estocástico atribuído à radiação aumenta com a dose e é provavelmente proporcional à dose para baixas doses. Para altas taxas de dose, a probabilidade geralmente aumenta com a dose mais notadamente do que em uma porção simples. Em doses ainda mais altas, perto do limiar do efeito determinístico, a probabilidade aumenta mais lentamente e pode iniciar a diminuir por causa do efeito competitivo da morte celular^{1,7}.

A ação da radiação sobre as células poderá ser:

Direta: quando o dano é produzido pela ionização de uma micromolécula biológica.

Indireta: quando são produzidos danos através de reações químicas iniciadas pela ionização da água e gases.

Fatores que influenciam na radiosensibilidade celular:

A resposta celular das radiações podem se modificar por distintos fatores, que em alguns casos potencializam a radiosensibilidade (radiossensibilizantes) e em outros casos diminuem (radioprotetores).

Esses fatores podem ser de tipo físico, químico ou biológico. Os mais importantes são:

a) Fatores físicos

Transferência Linear de Energia (TLE): a energia depositada por unidade de percurso da partícula. A radiação com maior TLE tem maior capacidade de ionização e portanto é mais danosa para a célula.

Eficiência Biológica Relativa (EBR): é a dose requerida pela radiação com distinto TLE, para produzir o mesmo efeito biológico.

Taxa de dose: a maior taxa de dose produz maior quantidade de lesões na célula. A variação de velocidade da irradiação pode ser considerada como forma de fracionamento.

b) Fatores químicos

Os efeitos combinados de compostos químicos e radiações ionizantes podem aparecer de forma independente, antagônica ou sinérgica.

A presença de agentes químicos pode modificar a resposta da radiação de forma diferente:

Radiossensibilizadores: aumentam o efeito nocivo. Exemplo típico é o oxigênio, o qual aumenta o número de lesões por aumento dos radicais livres e pelo bloqueio dos processos de restauração.

Radioprotetores: reduzem os efeitos produzidos pela radiação ao nível celular. Dentro desse grupo podem-se considerar os compostos que em sua molécula têm um grupo sulfídrico (SH).

c) Fatores biológicos

Os aspectos mais importantes são:

Aspectos relacionados com a capacidade de reparação celular. Doses fracionadas no tempo são menos destruidoras que a mesma dose administrada de uma única vez.

Fase do ciclo celular em que se produz a irradiação. A mínima radiosensibilidade é alcançada durante a síntese do DNA.

Classificação dos efeitos produzidos pela radiação

Somáticos – não se transmitem hereditariamente

Genéticos – são transmitidos hereditariamente

Estocásticos: a gravidade não depende da dose

Não-estocásticos: a gravidade depende da dose

Efeitos estocásticos

São de caráter probabilístico

- Uma vez produzidos são sempre graves
- Não apresentam limiar

Efeitos não-estocásticos

Existe uma relação casualidade entre Dose-Efeito

- Possuem um limiar de dose

A resposta dos diferentes órgãos e tecidos à radiação é variada, tanto em relação ao tempo de aparecimento como à gravidade dos sintomas produzidos²⁷.

Para avaliar os efeitos biológicos das radiações é necessário considerar determinadas características, tais como:

- **Especificidade** – os efeitos biológicos da radiação podem ser provocados por outras causas que não as radiações, isto é, não são características (específicas) das mesmas. Outros agentes físicos, químicos ou bioquímicos podem causar os mesmos efeitos.
- **Tempo de latência** – é o mesmo tempo que decorre entre o momento da irradiação e o aparecimento (visível) de danos. No caso da dose ser elevada, este período é muito curto. Os danos decorrentes da exposição crônica, doses baixas com tempo de exposição muito longo, apresentam tempos de latência da ordem de dezenas de anos.
- **Reversibilidade** – os efeitos biológicos das radiações em certos casos são reversíveis. Ao nível celular, este fato ocorre devido ao poder de restauração da célula. Ao nível celular, este fato ocorre devido ao poder de restauração da célula. Existem porém os danos parcialmente reversíveis e os irreversíveis, como é o caso do câncer e o da necrose.
- **Transmissibilidade** – O dano causado pela radiação em uma célula germinativa pode ser transmitido e manifestar-se como uma desordem hereditária nos descendentes do indivíduo exposto.
- **Limiar** – certos efeitos biológicos exigem, para se manifestar, que a dose de radiação seja superior a um valor mínimo chamado dose limiar; neste caso fala-se de efeitos determinísticos. Encontram-se também os efeitos que não necessitam de uma dose mínima para se manifestar, nos quais qualquer dose pode ser atuante.
- **Radiossensibilidade** – nem todas as células, tecidos, órgãos ou organismos respondem igualmente à mesma dose de radiação. As diferenças de sensibilidade verificadas seguem a Lei de Bergone Tribondeau que diz: “A radiossensibilidade das células é diretamente proporcional à sua capacidade de reprodução e inversamente proporcional ao seu grau de especialização”^{1,16,22}.

Segundo a Norma da Comissão Nacional de Energia Nuclear, CNEN 3.01/88, baseada nas recomendações da ICRP 26 de 1977, deve haver controle da exposição do público e dos trabalhadores ocupacionalmente expostos às radiações ionizantes. Assim, consideram-se três princípios básicos:

1º Princípio da Justificação

Qualquer atividade envolvendo radiação ou exposição deve ser justificada em relação a outras alternativas e produzir um benefício líquido positivo para a sociedade.

2º Princípio da Otimização

O projeto, o planejamento do uso e a operação de instalações e de fontes de radiação devem ser feitos de modo a garantir que as exposições sejam tão reduzidas quanto razoavelmente exequível, levado-se em consideração fatores sociais e econômicos.

3º Princípio da Limitação de dose

As doses individuais de trabalhadores e de indivíduos do público não devem exceder os limites anuais de dose equivalente estabelecidos na norma CNEN 3.01/88”.

Essas recomendações são derivadas de três princípios mais gerais que devem ser aplicados a muitas atividades humanas de produção de bens e serviços, especialmente à Medicina:

- a) Justificação de uma prática implica produzir mais benefício do que dano;
- b) A otimização da proteção implica maximizar as margens do benefício sobre o dano;
- c) O uso de limites de dose implica um adequado padrão de proteção, mesmo para os indivíduos mais expostos¹⁵.

A diretriz da ICRP e CNEN é, portanto, de limitar as exposições, de modo a manter as doses abaixo dos limiares recomendados. A possibilidade de efeitos estocásticos não pode ser eliminada totalmente. Assim, a regra é evidenciar fontes de exposição desnecessárias e tomar todas as medidas razoáveis para reduzir as doses dessas fontes de exposição que são necessárias ou que não podem ser evitadas.

Ao usar esses princípios para desenvolver um sistema prático de radioproteção que se ajuste facilmente à condução da atividade, a ICRP utiliza uma divisão da exposição em três tipos: **exposição do público**, que compreende todas as exposições que não são oriundas do trabalho ou tratamento (pacien-

tes); **exposição médica**, decorrente das técnicas de diagnóstico e tratamento em indivíduos suspeitos ou portadores de doenças; **exposição ocupacional**, ocorrida diretamente nos processos de trabalho dos setores agrícola, industrial e de serviços. Em certos aspectos, o sistema de proteção é aplicado diferentemente para esses três tipos de exposição^{4,6,7,20}.

A exposição médica:

Exposição de indivíduos para propósitos de diagnósticos e terapias, incluindo rastreamento e procedimentos médico-legais. Os médicos e os profissionais de saúde, bem como os códigos de ética, denominam esses indivíduos de “pacientes”.

O uso de radiações em voluntários com parte de um programa de pesquisa biomédica que não proporciona qualquer benefício direto aos mesmos é também tratado pela ICRP como exposição médica.¹⁷

Considera-se exposição médica aquela ocorrida entre os indivíduos familiares ou amigos que acompanham e ajudam na contenção e conforto de pacientes submetidos a diagnósticos ou terapia, tanto no hospital como em casa.

A exposição ocupacional:

Embora a exposição ocupacional ocorra nos mais diferentes processos de trabalho, a ICRP limita a sua conceituação àquelas exposições “que podem ser razoavelmente consideradas de responsabilidade da empresa”. Isto significa que a exposição ocupacional está diretamente relacionada ao regime de trabalho assalariado no qual os procedimentos e o controle da radiação estão sob organização e responsabilidade da instituição ou do empregador que organiza e controla o trabalho.

No uso dos Raios X como em outros tipos de radiação ionizante devem ser consideradas as exposições acidentais e não intencionais. O controle do uso de equipamentos, os procedimentos e o adequado planejamento da suas aplicações evitam tais exposições acidentais. Seu controle requer consideração da probabilidade de ocorrência da exposição tanto quanto da magnitude da dose resultante. Apenas considerações da dose não são suficientes. O uso da exposição potencial é importante no desenho de equipamentos, especialmente o equipamento de radioterapia.

1.3 Indicadores de exposição a radiação ionizante³⁹

1.3.1 Unidades das radiações ionizantes

Em 1928, a Comissão Internacional de Unidades e Medidas Radiológicas - ICRU adotou formalmente o "Roentgen" como sendo uma unidade de irradiação; em 1937 ele sofreu algumas modificações, mas seu conceito fundamental permaneceu o mesmo.

O Roentgen foi definido como "a quantidade de raios X ou Y que, associada a uma emissão corpuscular em 1 cm³ de ar (0,00 1293 g), produz íons de ambos os sinais que carregam uma unidade eletrostática de carga (1 esu)". O símbolo da unidade Roentgen é o R. Por muito tempo, o Roentgen (R) foi usado para medir quantidade de radiação e energia absorvida, no qual, para certas condições, os números são até compatíveis, mas na verdade com significados bem diferentes. Por esta razão, em 1956 foi adotado o rad ("*radiation absorbed dose*") como unidade de radiação para medir a energia absorvida no meio, sendo igual à absorção de 100 erg/g.

Em 1962 foi feita uma revisão na terminologia e, em 1975, a ICRU adotou a seguinte:

Exposição (X) - é a soma de todas as cargas elétricas de todos os íons de mesmo sinal produzidos no ar, quando todos os elétrons liberados pelos fótons em um elemento de volume de ar de massa dm são completamente absorvidos.

$$X = \frac{dQ}{dm}$$

$$\text{Unidade C/kg} \quad 1R = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ C/kg}$$

Numericamente, este valor do Roentgen é o mesmo de 1937, bastando transformar 1 esu em Coulomb e dividir pela massa de um 1 cm³ de ar tomada em kg.

O Roentgen como unidade de exposição está caindo em desuso, dando-se preferência à unidade C/kg do Sistema Internacional (SI).

Portanto, exposição é a habilidade da radiação ionizar o ar.

Taxa de exposição (\dot{X}) - é o quociente do incremento dX da exposição em um intervalo de tempo dt.

$$\dot{X} = \frac{dX}{dt}$$

$$\text{Unidade : C/kg.s}$$

Kerma (K) – quantidade que descreve o primeiro passo na absorção da radiação pela matéria: a transferência de energia dos fótons aos elétrons do meio (*Kerma* = “*knetic energy released in the médium*”).

$$\text{Kerma (K)} = (kK) = \frac{dE_{tr}}{dm}$$

onde dE_{tr} = soma de todas as energias cinéticas iniciais dos elétrons liberados pelos fótons em um volume de massa dm .

Unidade: J/kg. O nome especial para a unidade de Kerma é o Gray (Gy) 1 Gy = 1 J/kg.

Razão Kerma-ar (\dot{K}) – é o quociente do incremento dK do Kerma no intervalo de tempo dt .

$$\dot{K} = \frac{dK}{dt}$$

Unidade: J/kg.s

Embora a grande maioria da energia cinética inicial dos elétrons seja transferida ao meio por meio de colisões inelásticas com elétrons atômicos, causando ionização ou excitação, uma pequena parte é transferida em colisões inelásticas com núcleos atômicos, resultando na emissão de radiação eletromagnética (“*Bremsstrahlung*”). Dessa forma, o Kerma pode ser subdividido em Kerma de colisão (K^{col}) e Kerma de radiação (K^{rad}).

$$K = K^{col} + K^{rad}$$

Absorção (D) – é a relação entre a energia dE cedida pelos elétrons ao meio em um elemento de volume de massa dm . É a chamada **dose** ou **dose absorvida**.

$$D = \frac{dE}{dm}$$

Unidade: J/kg. O nome especial para a unidade de dose absorvida é o Gray (Gy).

Taxa de dose (\dot{D})- é o quociente da dose aboservida dD no intervalo de tempo dt .

$$\dot{D} = \frac{dD}{dt}$$

Dose equivalente (H) - é a relação entre a dose absorvida (D) e o tipo de radiação ionizante envolvida, que está associado a características das radiações e sua capacidade de ionização da matéria. Dessa forma, atribui-se um chamado fator de qualidade (Q). Na prática, esta grandeza expressa o efeito biológico oriundo da exposição à radiação em função de suas características.

$$H = D \cdot Q$$

onde D é a dose absorvida e Q é o fator de qualidade.

Unidade: J/kg. O nome especial para a unidade de dose equivalente é Sivert (Sv).

TABELA 1
Fator de qualidade "Q" das distintas radiações

TIPO DE RADIAÇÃO	FATOR DE QUALIDADE – Q
Raios X	1
Raios gama	1
Raios beta	1
Nêutrons lentos	2,5
Nêutrons rápidos	10
Raios alfa	20

1.3.2 Limite de dose de exposição⁷

Os limites de dose recomendados pela ICRP estão apresentados na Tabela 2. Resumidamente, o limite para dose efetiva em exposições ocupacionais é de 20 mSv por ano, com a flexibilidade de ir até 50 mSv em um único ano, desde que a dose efetiva total em cinco anos consecutivos não exceda a 100 mSv. Limites adicionais se aplicam ao cristalino (150 mSv por ano) e às mãos e pés (500 mSv por ano), por estes tecidos poderem não estar adequadamente protegidos pelo limite de dose efetiva. Para exposições ao público, o limite de dose é de 1 mSv por ano, com uma flexibilidade de um valor médio em cinco anos para "circunstâncias especiais".

TABELA 2
Limites de dose recomendados pela ICRP 60^a

Grandeza	Limites de Dose	
	Trabalhador (mSv)	Indivíduo do Público (mSv)
Dose efetiva	20 mSv por ano, média em um período definido de 5 anos ^b	1 mSv por ano ^c
Dose equivalente:		
Cristalino	150 mSv	15 mSv
Extremidades (mãos, antebraços, pés e tornozelos)	500 mSv	

- a Os limites se aplicam à soma das doses relevantes de exposições externas no período especificado e a dose comprometida em 50 anos (70 anos para crianças) para incorporações no mesmo período.
- b Com provisão adicional de que a dose efetiva não deve exceder 50 mSv em um único período. Restrições adicionais se aplicam às exposições ocupacionais de mulheres grávidas.
- c A limitação da dose efetiva produz proteção suficiente para a pele contra os efeitos estocásticos. Um limite adicional é necessário para exposições localizadas, de modo a prevenir os efeitos determinísticos.

Nenhuma restrição especial deve ser aplicada para exposições de indivíduos porque suas doses excederam o limite de dose. Tais eventos devem demandar um exame rigoroso, usualmente pela autoridade regulatória, no caso a Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN, dos aspectos de projeto e operação da proteção da instalação concernente, e não o uso de restrições ou penalidades aplicadas a um indivíduo. Se a dose for desconhecida ou suspeita de ser elevada, seria apropriado um encaminhamento médico.

1.4 Natureza, características e produção dos Raios X

Em 1895, Wilhem Conrad Roentgen, professor de Física da Universidade Wurzburg, na Alemanha, estava fazendo experiências com raios catódicos (elétrons), produzindo estes raios em tubos de vidro onde se fazia vácuo,

com dois eletrodos no interior do tubo. Era mantida uma diferença de potencial de milhares de volts, e os chamados raios catódicos eram produzidos pela atomização dos elétrons junto ao eletrodo negativo (cátodo); estes elétrons eram acelerados pelo campo elétrico produzido entre os eletrodos e acelerados em direção ao outro eletrodo positivo (ânodo), ou iam colidir com a parede do tubo.

No dia 8 de novembro deste mesmo ano, Roentgen notou um brilho em uma peça de vidro que se encontrava a pouca distância do tubo. Notou ainda, além da dependência brilho-ampola, que o brilho persistia mesmo quando a ampola (tubo) era recoberta com papel preto.

Roentgen atribuiu ao aparecimento do "brilho" uma radiação que saía da ampola e que também atravessava o papel preto. A esta radiação desconhecida, mas de experiência comprovada, Roentgen deu o nome de raios X, posteriormente conhecidos por raios Roentgen.

O uso de uma placa fotográfica em lugar da peça de vidro foi o segundo passo de Roentgen, cujo resultado foi a visualização dos ossos da mão de sua mulher, que lhe serviu de cobaia.

Roentgen fez uma série de observações acerca da radiação e concluiu que os raios X:

- 1 Causam fluorescência em certas substâncias
- 2 Enegrecem placas fotográficas
- 3 São radiação do tipo eletromagnética, pois não sofrem desvio em campos elétricos ou magnéticos
- 4 São diferentes dos raios catódicos
- 5 Tornam-se "duros" (mais penetrantes) após passarem por absorvedores^{9,32}.

Em 1912 foi provado, através de difração em cristais, que os raios X são ondas eletromagnéticas de comprimento de onda (λ) muito curto, surgidas por ocasião da colisão de raios catódicos contra anteparos duros.

Ao se observar que os raios X eram capazes de impressionar chapas fotográficas e atravessar facilmente os materiais constituídos de elementos de baixo peso atômico (constituintes da pele e músculos) e retidos por elementos de alto peso atômico (cálcio e ossos), descobriu-se a sua utilização na radiografia médica. Desde então vêm sendo utilizados em larga escala em nível mundial, com finalidade diagnóstica.

Produção dos Raios X

A Figura 1 mostra um moderno tubo de Raios X, cujo mecanismo básico permanece o mesmo das antigas ampolas.

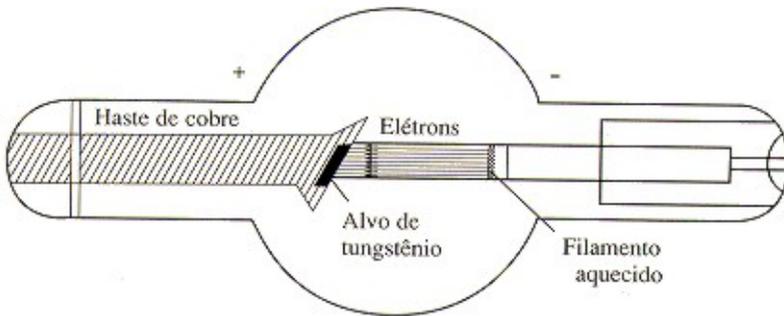


Figura 1 – Tubo de Raios X

Os raios X são produzidos quando elétrons de alta energia são subitamente desacelerados e parte da sua energia é convertida em raios X. Esse processo também é conhecido pelo nome alemão "*Bremsstrahlung*".

No tubo original, a fonte de elétrons era o gás residual do tubo; atualmente, a produção de elétrons é feita termoionicamente através de corrente elétrica (efeito joule), que passa por um filamento (em hélice ou espiral) de tungstênio.

No tubo é feito vácuo tanto quanto possível, e com isso os elétrons praticamente não perdem energia no seu caminho.

Quando aplicamos uma diferença de potencial entre o filamento (negativo) e um amparo ou alvo (positivo), os elétrons produzidos serão repelidos do filamento e atraídos para o alvo, onde serão bruscamente desacelerados.

A energia desses elétrons será dada pelo produto de sua carga pela voltagem aplicada: $E = e.V$.

Na maioria dos casos, quando os elétrons se aproximam dos átomos do alvo, existe uma repulsão entre os elétrons e a "nuvem" eletrônica do alvo. Nesse tipo de interação, os elétrons são desviados de sua trajetória e perdem energia em ionização e calor.

A voltagem aplicada é da ordem de quilovolts e a corrente de elétrons no tubo é da ordem de miliampéres.

Assim, a emissão de elétrons se obtém por efeito termoelétrico, através da circulação de corrente elétrica por um filamento que oferece resistência a este fluxo de elétrons, e o filamento torna-se incandescente de maneira a gerar ao seu redor alguns elétrons liberados. Por diferença de potencial (ddp) entre o filamento chamado de cátodo e outro alvo denominado ânodo, esses elétrons liberados são atraídos e acelerados em direção ao ânodo. Ao serem

freados pelo ânodo, os elétrons têm sua energia cinética convertida em energia eletromagnética, com emissão de fótons de raios X.

Uma fração dos elétrons incidentes provoca nos átomos do ânodo um salto dos elétrons ligados desde as órbitas mais internas até as mais exteriores do átomo. A continuação se produz espontaneamente na desexcitação dos elétrons em sua volta às órbitas internas, originando emissão de fótons de raios X^{9,39}.

Normalmente, um feixe de luz simula o feixe de raios X por meio de uma lâmpada e espelho. Este aparato (Figura 2) fornece um chamado "campo luminoso", com o qual pode ser simulado o campo a ser radiografado no paciente. Este campo é determinado por um eixo central do feixe, por meio da sombra de retículos em cruz e por um sistema de lâminas transversais que se movimenta paralelamente, constituindo o que chamamos de colimação do feixe. Muitos equipamentos, principalmente os de alta voltagem, têm escala luminosa indicando distância foco-superfície.

Para o intervalo de voltagens usadas em radiodiagnósticos convencionais, cerca de 1 % da energia dos elétrons é convertida em raios X e 99% em calor, onde se encontra. Pela grande produção de calor no alvo, este deve ser constituído por material que tenha alto ponto de fusão. O tungstênio é o material de preferência. Este alvo é incrustado numa haste de cobre, uma boa dissipadora de calor. Normalmente, ainda não é suficiente, e esta haste de cobre deve ser refrigerada. Dessa forma, faz-se necessário o uso de sistema de refrigeração (água, óleo ou ar) junto à ampola de raios X, por meio do invólucro.

Quanto à área focal (área do alvo), deve ser a menor possível para evitar problemas de penumbra. Mas, quanto maior for a área focal, maior será a quantidade de calor por unidade de área no alvo.

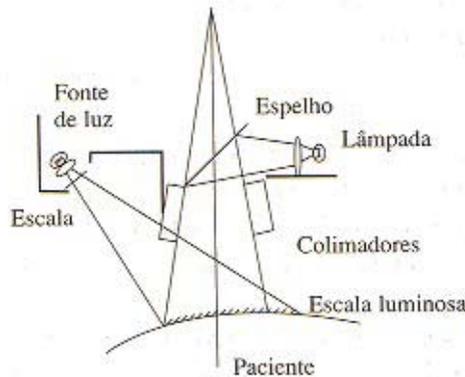


Figura 2 – Ilustração do campo luminoso

As características de um feixe de raios X estão relacionadas com a intensidade da radiação, que é o número de fótons emitidos, dependendo da intensidade da corrente do tubo e do tempo de duração do disparo. Tais condições nos dão uma referência da taxa de dose absorvida e da exposição. Outra característica é a qualidade da radiação, que depende da tensão do tubo e do filtro que se introduz no feixe. O sistema de filtração mencionado possibilita a eliminação de raios X de baixas energias que são produzidos, além de evitar a interferência na formação da imagem radiográfica e atenuar a dose na pele dos pacientes.

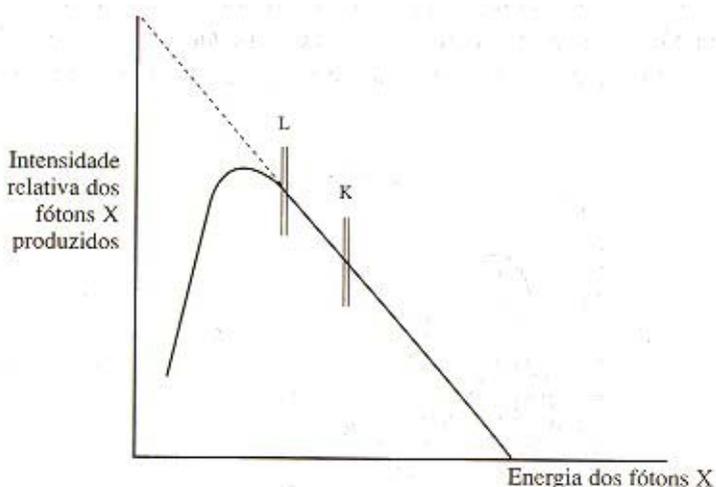


Figura 3 – Espectro total dos Raios X

A linha tracejada representa o espectro contínuo que emerge do alvo e a linha cheia, o espectro após os fótons de baixa energia terem sido absorvidos pelo vidro, que é chamado também de filtração inerente da ampola. Superposto ao espectro contínuo temos o espectro de linhas.

1.4.1 Fatores que modificam o espectro e a qualidade dos Raios X

Voltagem aplicada

Sabemos que a máxima energia dos fótons que emergem de uma ampola de raios X é igual à máxima energia dos elétrons que atingem o alvo da ampola, que, por sua vez, depende da voltagem pico aplicada à ampola.

Portanto, variações na voltagem aplicada irão modificar a energia máxima dos fótons (Figura 4). Podemos notar o pico da intensidade movendo-se com o aumento da energia. Logo, variações na voltagem aplicada irão al-

ter a energia máxima dos fótons X e, portanto, seu poder de penetração ou "qualidade". Assim, a qualidade dos raios X produzidos é proporcional a kV. As áreas sob as curvas indicam que o total da radiação emitida aumenta com a voltagem aplicada; portanto, a "qualidade" de raios X produzidos é proporcional à voltagem aplicada; em particular, a quantidade de raios X produzidos é proporcional a kV^2 .

Com relação ao espectro de linhas, ele não se modificará com uma variação de voltagem aplicada, pois só depende do número atômico do material do alvo (aparece por interações com elétrons internos do material do alvo).

Devemos levar em conta somente a radiação do orbital atômico K como contribuição ao espectro de linhas do espectro contínuo dos raios X, pois as radiações do orbital L são de energia muito baixas para conseguirem sair da ampola.

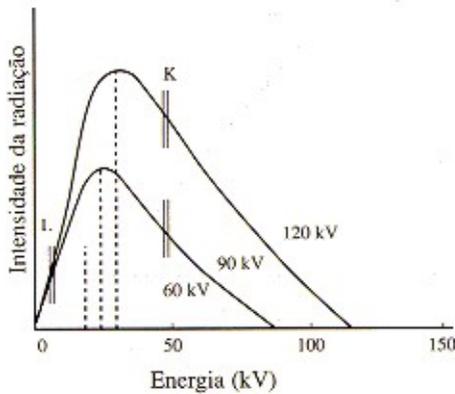


Figura 4 – Variação do espectro dos Raios X pela variação da kV

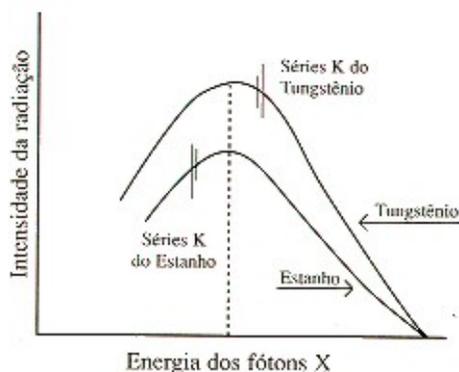


Figura 5 – Espectro dos Raios X e material do alvo

Corrente no tubo

A emissão total dos raios X depende do número de elétrons que colidem no alvo e da corrente no tubo - quanto maior a corrente no tubo, maior o número de elétrons e, portanto, mais radiação X é produzida. Entretanto, a qualidade de radiação (poder de penetração) não será alterada por variações de corrente (mA). A quantidade de raios X produzidos é proporcional à mA.

A combinação da miliamperagem com o tempo de exposição determina o número total de raios X produzidos numa dada kVp. Por isso, desde que o produto das mAs seja mantido, elas não serão observadas nas imagens radiográficas⁴².

Material do alvo

Espectro contínuo - para uma certa voltagem aplicada, o máximo de intensidade da radiação X produzida ocorre sempre para uma certa energia dos fótons X, mesma quando variamos o material do alvo (Figura 5). Entretanto, altos números atômicos do alvo acarretarão maiores quantidades de radiação X para uma dada voltagem aplicada (assumindo a mesma corrente no tubo). A quantidade de raios X produzidos é proporcional ao número atômico Z do alvo.

Espectro de linhas - as energias das linhas características mudam com o material do alvo, pois, como o próprio nome diz, são características do material. Logo, quanto maior o número atômico do material do alvo, maior a energia característica.

Forma da onda da voltagem aplicada

Normalmente, a voltagem alterada produzida por transformadores de alta tensão é retificada de duas maneiras: retificação de “meia onda”; retificação de “onda completa” (Figura 6).

Quanto ao poder de penetração (qualidade) dos raios X, não haverá diferença entre a meia onda e a onda completa, pois as voltagens presente são as mesmas em ambos os casos.

Quanto à quantidade de raios X produzidos, teremos pequena diferença proporcional à forma da onda aplicada (Figura 7).

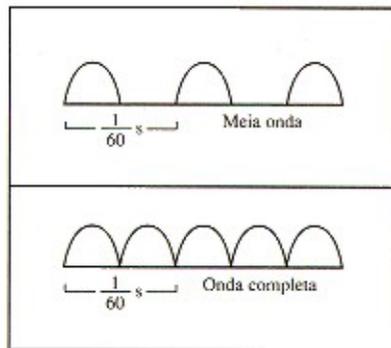


Figura 6 – Forma da onda aplicada em um tubo de Raios X

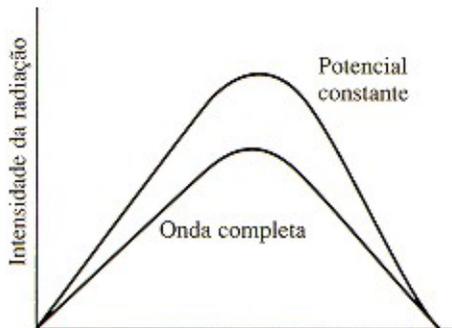


Figura 7 – Espectro dos Raios X e forma da onda aplicada

Portanto, de um modo geral, podemos concluir que:

A quantidade dos raios X é proporcional a (kV)

A quantidade dos raios X é proporcional a
(kV²) – (mA) – (Z do alvo) – (forma da onda)

Distribuição angular dos Raios X

Os raios X que emergem do alvo de uma ampola saem em várias direções. Essa distribuição angular dos raios X depende da espessura e do material do alvo e principalmente da voltagem aplicada. O gráfico da Figura 8 mostra essa distribuição somente num plano; se rodarmos o gráfico no eixo dos elétrons, teremos uma visão espacial da distribuição angular.

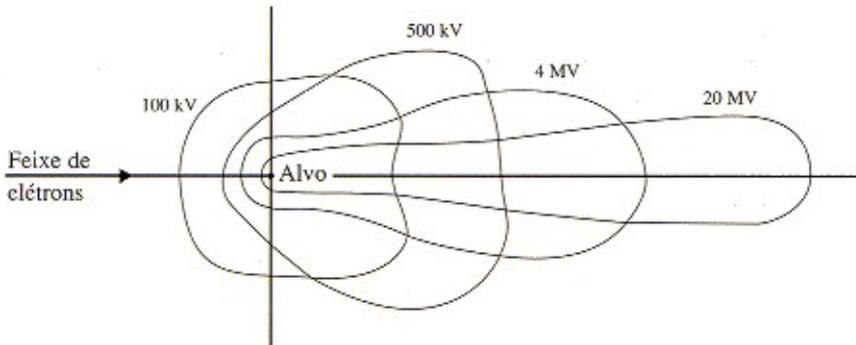


Figura 8 – Distribuição angular dos Raios X

Os principais fatores que determinam a qualidade de um feixe de raios X são o potencial aplicado no tubo (kVp) e os filtros colocados no feixe.

Filtração

O feixe de raios X que emerge do alvo de uma ampola, como foi visto, é contínuo, e, quando passa através de qualquer material, a intensidade da radiação é reduzida.

Quando a intensidade da radiação é reduzida pela absorção de um intervalo particular de seus comprimentos de onda o processo é chamado de filtração.

O feixe primário de raios X emitidos do alvo tem necessariamente de passar através de componentes do sistema (por exemplo, o vidro da ampola), sofrendo filtração inevitável. Essa filtração é denominada *filtração inerente*.

Espessuras metálicas colocadas propositadamente diante de um feixe de raios X, para que parte de sua radiação seja absorvida e seu espectro modificado, são chamadas de filtros.

Quando um feixe de raios X é filtrado, todos os comprimentos de onda sofrem modificações, mas são as radiações menos penetrantes (comprimentos de onda maiores) que sofrem maior absorção. Por conseguinte, o espectro será modificado (Figura 9) mais sensivelmente na região correspondente às radiações de baixa energia.

Colimação

A redução do tamanho de campo em radiologia deve ser o primeiro método de controle da radiação espalhada. Esse método apresenta grande vantagem por diminuir a dose no paciente, devido ao menor volume de tecido ir radiado. Entretanto, em uma aparente contradição, a diminuição do espalhamento (tamanho de campo) implicará um aumento dos fatores da técnica radiológica para obtenção da mesma densidade ótica. Porém, este aumento da dose ainda é pequeno quando comparado com a sensível redução alcançada pela diminuição do volume de tecido irradiado.

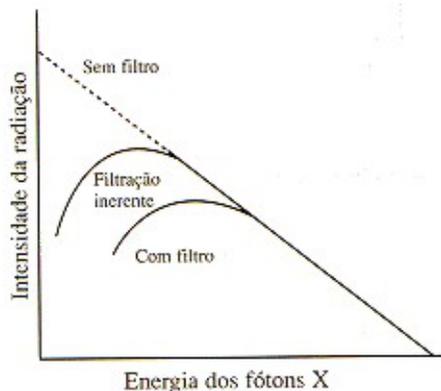


Figura 9 – Modificação do espectro dos Raios X pelo uso dos filtros

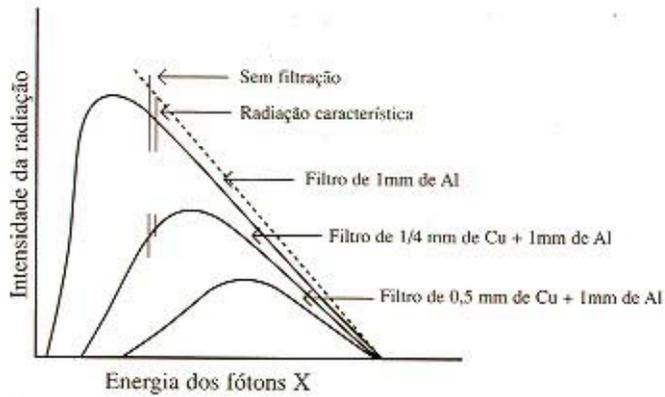


Figura 10 – Os filtros e os espectros dos Raios X

Como podemos notar pela Figura 10, os filtros modificam os espectros de raios X que, devido à redução de baixas energias, “endurecem” o feixe.

Normalmente, usamos determinados materiais como filtro segundo a voltagem: de 100 a 120 kVp, o alumínio (Al); de 120 a 250 kVp, o cobre (Cu) e o alumínio; acima de 250 kVp, os seguintes materiais: estanho (Sn) + Cu + Al.

Os filtros de Al que aparecem junto aos filtros de Cu são utilizados para absorver as radiações secundárias criadas no filtro de Cu que podem atingir o paciente. O Al seria, portanto, o “filtro do filtro” (Figura 11)^{9,39}.

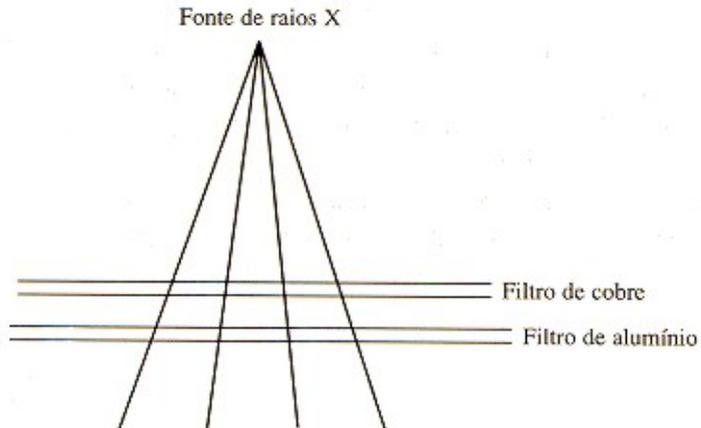


Figura 11 – Disposição dos filtros de cobre e alumínio

2.1 Raios X na radiologia médica

A radiologia médica constitui importante ferramenta de diagnóstico médico em relação à caracterização do estado dos ossos e tecidos moles dos seres humanos. Através do uso de técnicas de investigação, seja por imagens radiográficas obtidas em aparelhos de Raios X, tomógrafos, mamógrafos, fluoroscópios e outros equipamentos, é possível visualizar órgãos e/ou tecidos cujas técnicas convencionais de diagnóstico não possibilitem tais informações.

As atividades desenvolvidas nos setores de radiologia, ou seja, os Raios X, representam técnicas que utilizam feixes de raios X onde a energia é expressa em quiloelétron-volt (keV). Essa energia está associada às condições operacionais do equipamento, ou seja, na medida em que aumenta ou diminui essa voltagem, aumenta ou diminui a energia do feixe do raios X e conseqüentemente o seu poder de penetração na matéria. Se for associado às energias envolvidas em técnicas que dispõem de substâncias radioativas, expressas em milhões de elétrons-volt (MeV), observa-se que as energias são bem distintas. Como suporte para a obtenção de imagens radiográficas, utilizam-se placas fotográficas, e, como agente impressor, os raios X. As zonas da placa que recebem maior quantidade de radiação aparecem mais negras e as que recebem menos radiação, mais brancas. A quantidade de radiação que recebe cada zona da placa dependerá da absorção das estruturas interpostas. Quando o ser humano é exposto a esse tipo de técnica entre o feixe de raios

X e o filme, obtêm-se imagens de estruturas internas do corpo humano tais como tecidos moles e estrutura óssea.

Os geradores de raios X emitem radiação apenas durante o tempo de disparo. Assim, as normas de segurança em relação aos profissionais expostos nas instalações dependerão do estado e da qualidade do equipamento, bem como a forma de sua manipulação.

É preciso também avaliar o local onde o operador de Raios X (técnico em radiologia) se encontra durante a emissão da radiação, observando a distância entre a fonte e a pessoa exposta.

Dependendo da técnica radiográfica, podem-se utilizar substâncias químicas que, ministradas no indivíduo, irão facilitar a visualização radiográfica do tecido a ser observado.

Apesar de envolverem menores doses de radiação, observa-se que essas técnicas radiológicas estão mais presentes no dia-a-dia da população. Como evidência dessa informação, percebe-se na comunidade a prática rotineira da realização de exames radiográficos em várias situações. Outro importante argumento está na associação de exames radiológicos aos diagnósticos, uma vez que a imagem radiográfica permite a complementação do diagnóstico médico^{17, 20, 24, 32}.

2.2 Avaliação ambiental e indicadores de exposição no Brasil

As normas para controlar a exposição ocupacional num serviço de radiologia visam estabelecer critérios de avaliação ambiental dos locais de trabalho através de alguns parâmetros, principalmente da dose de radiação recebida pelos trabalhadores, e a determinação de efeitos biológicos determinísticos e se possível estocásticos através de monitoração dos trabalhadores⁴².

A exposição à radiação X no serviço de radiologia está sujeita aos mecanismos de controle da radiação ionizante estabelecidos pela Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN¹⁵, vinculada à Secretaria de Assuntos Estratégicos - SAE, que por sua vez está ligada à Presidência da República. Essa Comissão tem a competência de normatizar e fiscalizar a aquisição, o uso, o armazenamento e o descarte de material radioativo. A CNEN mantém relação com os demais órgãos de Governo, com o intuito de dirimir dúvidas ou orientar tecnicamente na regulamentação pertinente à atividade nuclear.

O Ministério do Trabalho e Emprego - MTE regulamenta as questões referentes às radiações ionizantes, principalmente através da Norma Regulamentadora n° 15, que propõe no seu Anexo 5:

"Nas atividades ou operações onde trabalhadores possam ser expostos a radiações ionizantes, os limites de tolerância, os princípios, as obrigações e controles básicos para a proteção do homem e do seu meio ambiente contra possíveis efeitos indevidos causados pela radiação ionizante, são os constantes da Norma CNEN- 3.01: "Diretrizes Básicas de Radioproteção", de julho de 1988, aprovada, em caráter experimental, pela Resolução CNEN N²--12/88, ou daquela que venha substituí-la".

Já outra Norma Regulamentadora, a NR nº 9, que estabelece o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais, considera a radiação ionizante como agente físico e solicita os procedimentos de antecipação, reconhecimento, avaliação e controle dos riscos ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho, levando em consideração a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais.

Outras Normas Regulamentadoras, como as NR nº 4 e nº 5, estabelecem a necessidade do Serviço Especializado de Segurança e Medicina do Trabalho - SESMT e da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes - CIPA, que, dependendo do número de funcionários e o Grau de Risco atribuído à natureza das atividades, deverão estar constituídas nos locais de trabalho.

Além disso, o MTE, desde a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) e posteriormente nas legislações que dispõem sobre o assunto, estabelece recompensa financeira para os trabalhadores expostos a atividades e operações insalubres, inclusive às radiações.

No âmbito do Ministério da Saúde, encontra-se dispositivo legal publicado no dia 1º de junho de 1998, através da Portaria da Secretaria de Vigilância Sanitária nº 453, que estabelece "Diretrizes de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico e Odontológico"^{10, 11}.

Na esfera estadual, através do Centro de Vigilância Sanitária, vinculado à Secretaria de Saúde do Estado de São Paulo, foi publicada em 14 de dezembro de 1994 a Resolução SS.625, que aprova a Norma Técnica que dispõe sobre o uso, a posse e o armazenamento no âmbito do Estado de São Paulo³⁷.

No dia 20 de janeiro de 1994, o Centro de Vigilância Sanitária de São Paulo publicou a Portaria CVS/EXP - 2, que dispõe sobre a necessidade de apresentação de resultados de levantamento radiométrico e de testes de fuga serviços de saúde que utilizam radiação ionizante³⁶.

A Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN, além da Norma 3.01/88, acima citada, atribui às Vigilâncias Sanitárias Estaduais a competên-

cia para a normatização e fiscalização dos ambientes que trabalham com serviços de radiologia.

Em 1981, a Associação Brasileira de Normas e Técnicas - ABNT publicou uma Norma Brasileira - NBR 6977, na qual estabelecia regras básicas de proteção contra Raios X para fins médicos. Esta norma, ainda em vigência, tem como objetivo estabelecer as regras de proteção para pessoas expostas a Raios X, fixar bases que devam ser consideradas na fabricação, instalação e uso de aparelhos médicos que produzem radiação X.

Os limites primários anuais para trabalhadores e indivíduos do público estabelecidos pela Norma CNEN-NE- 3.01 que são apresentados na Tabela 2 baseiam-se em alguns conceitos da ICRP (Publicação 60 de 1991). Convém lembrar que esses valores não são especificados para uso isolado, pois fazem parte de um sistema coerente de proteção radiológica (restrições ou condições de contorno para o processo de otimização da proteção de trabalhadores e indivíduos do público conforme os limites de doses individuais)^{5,31}. Atualmente a CNEN está reformulando suas normas, acompanhando os avanços ocorridos no campo da proteção radiológica.

Desde que as doses nos pacientes tenham sido adequadamente justificadas, não é apropriado aplicar limites de doses para as exposições médicas, porque tais limites causariam mais dano do que benefício. Por vezes, eles impediriam a obtenção da informação e impediriam toda a radioterapia. Adicionalmente, os benefícios e os danos das exposições médicas se aplicam ao mesmo indivíduo ou paciente: não há injustiça.

Os limites de dose se aplicam às exposições ocupacionais e do público, oriundas de procedimentos médicos, embora, em muitas situações, o uso da otimização da proteção os torna agora pouco relevantes^{25, 30, 33}.

TABELA 3
Limites primários anuais de dose estabelecidos
pela CNEN – NE – 3.01

GRADEZA*	TRABALHO (mSv)	INDIVÍDUO DO PÚBLICO (mSv)
Equivalente de Dose efetivo	50	1
Equivalente de Dose para órgão ou tecido	500	50
Equivalente de Dose para pele	500	50
Equivalente de Dose para cristalino	150	50
Equivalente de Dose para extremidades**	500	50

* o termo "Equivalente de Dose" é utilizado aqui para não confundir com a nova grandeza "Dose Equivalente" definida pela ICRP.

** mãos, antebraços, pés e tornozelos

Em 1985, no município da capital do Estado do Rio de Janeiro, foi divulgado um Programa de Controle da Qualidade Radiológica e Odontológica que foi implantado através do Instituto de Radioproteção e Dosimetria e Vigilância do Estado do Rio de Janeiro. Os primeiros resultados deste programa identificaram que mais de 80% da comunidade que acessava os serviços de radiologia recebiam doses de radiação superiores àquelas devidas a cada imagem radiográfica produzida. Tal índice deve-se ao fato da falta de conhecimento por parte dos profissionais envolvidos e da comunidade (indivíduos dos públicos) exposta^{26, 34, 35, 42}.

Verificamos que em São Paulo ainda não dispomos efetivamente de um programa similar de controle da exposição à radiação ionizante (Raios X) para o público e trabalhadores em tais atividades. As recomendações da Secretaria de Estado da Saúde" possibilitam uma análise do ambiente de trabalho, que solicita um melhor sistema de controle de qualidade nos equipamentos de Raios X. Contudo, não existe no Estado de São Paulo um programa mais amplo que articule os diversos organismos planejadores e executores. As normas da CNEN¹⁵ fornecem orientações básicas a respeito da prática do uso e da prevenção das radiações ionizantes de maneira geral; porém falta um

programa global que avalie as das situações existentes junto aos serviços de radiologias na área hospitalar.

Assim, é possível que em São Paulo os níveis de exposição aos Raios X sejam distintos para o público e principalmente para os trabalhadores. Além disso, nos hospitais menores e com a falta de recursos as exposições devem ser mais elevadas do que em hospitais e universidades de grande porte. Supõe-se que em radiologia hospitalar devem desenvolver práticas eficientes do uso dos Raios X, que devem estar em conformidade com a legislação estabelecida pelo Centro de Vigilância Sanitária e da CNEN²¹.

Dessa forma, os setores de radiologia hospitalar de São Paulo, a rigor, devem estar em conformidade com a legislação existente no âmbito da Vigilância Sanitária³ 38; muito embora se disponha de uma legislação nacional, na qual a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) recomenda as diretrizes básicas de radioproteção, bem como os níveis de radiação ionizante permissíveis para o público e para os trabalhadores, conforme orientações internacionais³.

2.3 Indicadores biológicos de efeitos de exposição

Levando-se em consideração os conhecimentos atuais no Brasil, os trabalhadores expostos à radiação ionizante deveriam submeter-se periodicamente a avaliações que possam caracterizar, precocemente, efeitos determinísticos nos órgãos alvos (pele, sistema hematopoético, sistema endócrino, sistema neurológico), e exames dos efeitos estocásticos, como mutagenicidade ou alterações de DNA.

A Norma Regulamentadora n° 7 do MTE, reformulada em 29 de dezembro de 1994, estabelece o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional - PCMSO, com o objetivo de promoção e preservação da saúde do conjunto dos seus trabalhadores. O PCMSO deve ter caráter de prevenção, rastreamento e diagnóstico precoce de agravos à saúde relacionados ao trabalho, inclusive de natureza subclínica, além da constatação da existência de casos de doenças profissionais ou danos irreversíveis à saúde dos trabalhadores. Os exames médicos admissionais e periódicos são elementos importantes do programa. Para os trabalhadores ocupacionalmente expostos às radiações ionizantes no Quadro 11 desta NR, encontram-se como parâmetros de monitorização da exposição ocupacional a realização de hemograma completo e a contagem de plaquetas na admissão e a cada semestre no exercício das funções^{13, 40}.

2.4 Objetivos do estudo

Tendo como finalidade geral compreender as práticas de controle de riscos da principal forma de radiação ionizante usada no nosso meio, os Raios X, desenvolvemos os seguintes objetivos:

- a Conhecer as condições de utilização de radiações ionizantes (Raios X) nos serviços de radiologia hospitalar do Estado de São Paulo;
- b Analisar os níveis de exposição à radiação ionizante (Raios X) e respectivas medidas de controle ambiental a que os trabalhadores de um serviço radiológico hospitalar do município de São Paulo estão submetidos;
- c Analisar a percepção dos trabalhadores em relação aos riscos à exposição aos Raios X e respectivas medidas de controle no serviço de radiologia hospitalar.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Visando analisar as condições de utilização do Raios X e respectivas medidas de controle das radiações nos hospitais de São Paulo, foram desenvolvidas duas abordagens complementares. A primeira, um estudo nos serviços de saúde no Estado de São Paulo que dispõem de serviço de radiologia, e a segunda, que aprofunda o estudo do serviço radiodiagnóstico de um importante hospital público do município de São Paulo.

3.1 Análise do uso e medidas de controle dos Raios X em serviços de radiologia do Estado de São Paulo

Foi realizado, no período de janeiro a junho de 1996, um levantamento dos hospitais existentes no município de São Paulo que utilizavam técnicas radiográficas e serviços de radiologia, através dos registros existentes na Vigilância Sanitária da Secretaria de Estado da Saúde do Estado de São Paulo e no Sindicato dos Técnicos em Radiologia do Estado de São Paulo.

A identificação do cumprimento das normas e recomendações existentes sobre proteção radiológica, bem como os mecanismos e sistemas de proteção ao trabalhador e ao público de maneira geral, foi feita através de um questionário enviado pelo correio, no período de agosto a setembro de 1997.

As questões foram formuladas de maneira clara e objetiva, de modo que as respostas pudessem ser confiáveis e atendessem à finalidade de obter um perfil das condições de trabalho nos serviços de Raios X diagnóstico.

O questionário Anexo 1 constou de questões:

- a relativas à identificação da instituição (pública, privada e filantrópica);
- b formação dos profissionais responsáveis pelo setor de Raios X e pela proteção radiológica;
- c serviço de monitoração individual, incluindo tipo e local de uso do dosímetro;
- d existência de estagiários; e câmara escura;
- f manutenção das processadoras;
- g questões sobre os equipamentos nas salas de exames; características técnicas, incluindo tipo de colimação e filtração;
- h manutenção preventiva e tipos de equipamentos de proteção individual disponíveis.

O questionário foi enviado, por mala direta, a 805 serviços de saúde, compreendendo 150 instituições públicas e 655 particulares, que representam o cadastro dos hospitais, clínicas e casas de saúde distribuídos nas várias regiões do Estado de São Paulo.

Junto com os questionários encontrava-se um manual com as explicações sobre o objetivo deste estudo, além de um envelope selado e endereçado para facilitar seu retorno. Foi estipulado um prazo de 30 dias para a devolução, contados a partir da data de recebimento.

Para análise dos resultados foi utilizado o programa EpilInfo, que permitiu a criação de um banco de dados e a realização de análises estatísticas sobre cada item do questionário, facilitando a interpretação quantitativa dos dados coletados.

3.2 Avaliação de condições de riscos e medidas de controle de radiação (Raios X) do serviço de radiologia de um hospital público da Grande São Paulo

Foi selecionado o Instituto de Radiologia - INRAD do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo - INRAD/ FMUSP para avaliação e identificação das condições de trabalho, por se constituir em um dos mais importantes serviços do País com atividades de ensino e pesquisa, atendendo grande parte da população de São Paulo com problemas pertinentes à difícil situação atual da rede pública brasileira.

O INRAD atende a demanda do Instituto Central do complexo do Hospital das Clínicas, onde numerosos serviços de especialidades clínicas e cirúrgicas e serviço de emergência estão concentrados. No INRAD encontra-se

o maior contingente de trabalhadores ocupacionalmente expostos à radiação (Raios X) do Complexo HC/FMUSP.

Neste estudo, usaram-se as seguintes metodologias para a coleta de dados: a) entrevistas com os técnicos que realizam os exames radiológicos e com os profissionais responsáveis pelo SESMT; b) informações colhidas através de fonte secundárias; c) observação dos ambientes de trabalho.

A – 1 - Entrevistas com técnicos do Serviço de Radiologia:

O estudo foi desenvolvido com a aplicação de um questionário com perguntas semifechadas junto a todos os técnicos de radiologia e outros profissionais que exercem atividades junto à radiologia, tais como auxiliares de enfermagem e estagiários. Os técnicos da Radiologia do INRAD são escalados para o trabalho em turnos (manhã, tarde e noite), incluindo os plantonistas dos fins de semana. No Anexo 2 encontram-se as perguntas formuladas. O questionário objetivou caracterizar:

- a tempo de serviço no Instituto de Radiologia; idade; estado civil;
- b tempo de atividade com radiações ionizantes; atividades em outros hospitais, inclusive com Raios X;
- c a confiabilidade no dosímetro pessoal;
- d a utilização do avental de chumbo;
- e o conhecimento dos equipamentos de proteção individual;
- f a realização de exames médicos, tipos, periodicidade;
- g condições de asseio do local de trabalho;
- h avaliação do risco ambiental sob a ótica da segurança do trabalho;
- i conhecimento das técnicas de imagens radiográficas no serviço de radiodiagnóstico, mamografia e tomografia computadorizada.

A - 2 - Entrevista com o físico, um dos responsáveis pelo Serviço de Segurança do Trabalho e uma enfermeira respondendo pela Higiene e Medicina do Trabalho, objetivando conhecer:

- a equipe de trabalho responsável pelo controle de exposição à radiação, estrutura funcional entre a equipe de trabalho e a participação da equipe técnica na implantação e implementação das salas de Raios X;
- b sistemas de monitoração da exposição individual dos trabalhadores e levantamento radiométrico existente;
- c manutenção dos equipamentos de Raios X e programas de Controle de Qualidade existentes;

d exames médicos realizados junto aos funcionários;
e programas de treinamento das técnicas radiográficas e treinamento de Proteção Radiológica.

B - Fontes secundárias:

Analisaram-se também os relatórios de controle dosimétricos dos técnicos de radiologia do Instituto nos últimos anos, tendo como base os registros de dose arquivados no Serviço de Segurança do Trabalho e no Serviço de Higiene e Medicina do Trabalho que compõe o SESMT.

C - Observação nos ambientes de trabalho:

No período de setembro de 1998 a maio de 1999 foram entrevistados 85% do grupo dos 82 técnicos de radiologia, e 67% dos estagiários, num grupo de 21, representando assim um universo de 81 % dos profissionais que operam os equipamentos de Raios X no Instituto. Foram entrevistados dois auxiliares de enfermagem que ajudavam os técnicos de radiologia na locomoção dos pacientes junto ao serviço de radiologia.

4 RESULTADOS

4.1 Resultados da avaliação da utilização dos Raios X e medidas de radioproteção nos serviços de radiologia dos hospitais do Estado de São Paulo

*D*os 805 serviços de saúde listados no CVS, compreendendo 150 instituições públicas e 655 particulares, obteve-se um retorno de 43% (346 serviços), sendo que destes somente 51% (176 serviços) possuem serviço de radiologia. A distribuição desta amostra dos 176 hospitais que trabalham com Raios X, segundo tipo de instituição pública, privada e filantrópica, corresponderam, respectivamente, a público, 32%, privado, 46%, e filantrópico, 22%. Os dados apresentados referem-se, portanto, às respostas dadas por parte dos hospitais consultados que têm serviços de radiologia, não corresponde ao universo nem à amostra probabilística.

Nestes hospitais foram referidas 463 salas com equipamentos de radio-diagnóstico, envolvendo 1.845 profissionais ocupacionalmente expostos. Entre os profissionais, encontram-se estagiários em maior percentual no hospital público (17%), em segundo lugar (9%), nos hospitais particulares, e 3% nos hospitais filantrópicos.

A distribuição, segundo o sexo, dos profissionais que trabalham com Raios X é semelhante nos três tipos de hospitais. Correspondo, para o sexo feminino, a 39% nos hospitais públicos, 38% nos hospitais particulares e 44% nos hospitais filantrópicos.

Os dados referentes ao responsável técnico pelos procedimentos radiológicos do serviço de Raios X mostram que mais de 75% são médicos (Tabela 4).

TABELA 4
Distribuição percentual do responsável pelo
setor de Raios X em 176 hospitais

Hospital	Médico	Téc. RX	Outros	Não responderam	Nº	%
Público	76%	11 %	6%	7 %	56	100
Privado	75 %	17%	4%	4%	81	100
Filantropico	87 %	8 %	5 %	0	39	100

Embora a legislação estabeleça que o responsável técnico pelos procedimentos do setor de Raios X seja um médico habilitado, verificou-se que em alguns locais esse profissional possui outra formação (técnicos), e em outro não existe esse responsável (Tabela 4).

TABELA 5
Distribuição percentual referida do responsável
pela radioproteção em 176 hospitais

Hospital	Médico	Físico	Téc. RX	Outros	Não Resp	Nº	%
Público	23%	14%	7 %	0	56%	56	100
Privado	19%	16%	9 %	2 %	54%	81	100
Filantropico	13 %	21 %	8 %	8 %	50%	39	100

A legislação estabelece que esse profissional responsável pela radioproteção tenha nível superior com certificação de especialista em física do radio-diagnóstico. Observa-se que a maioria dos serviços não possui este profissional (Tabela 5).

Entre os tipos de equipamentos existentes nos serviços de radiologia predominam em todos os tipos de hospitais equipamentos emissores de Raios X tipo convencional. Contudo, a técnica da tomografia é a mais freqüente nos hospitais particulares (11%), enquanto na rede pública representa 7% e no hospital filantropico 9% (Tabela 6).

TABELA 6
Distribuição percentual dos tipos de equipamentos de diagnósticos emissores de Rx nos serviços de radiologia

Hospital	Convencional	Fluoroscopia	Mamografia	Tomografia	Outros
Público	61 %	23 %	8 %	7 %	1 %
Privado	47 %	31 %	9 %	11 %	2 %
Filantróp.	51 %	31 %	9 %	9 %	0

Observa-se que o principal equipamento nos estabelecimentos é o convencional.

TABELA 7
Distribuição percentual da sinalização de advertência existente nas 463 salas de RX em 176 hospitais de São Paulo

Hospital	Gráfico	Luminoso	Gráfico e Luminoso	Outros	Não resp.
Público	51 %	21 %	6 %	10 %	12 %
Privado	29 %	21 %	32 %	5 %	13 %
Filantróp.	61 %	7 %	12 %	7 %	13 %

A legislação prevê que as dependências onde estão localizados os equipamentos de Raios X devem manter sinalização visível, contendo o símbolo de radiação e informações de que a área é restrita e a entrada é proibida para pessoas não autorizadas. As portas das salas de exame devem ser providas de sistema de sinalização luminosa indicadora do acionamento do feixe de raios X.

TABELA 8
Distribuição percentual do tipo de Sala de Comando dos equipamentos de RX em 176 hospitais de São Paulo

Hospital	Cabine Fechada	Cabine Semi-Aberta	Biombo	Outros	Não Resp.
Público	34 %	38 %	26 %	1 %	1 %
Particular	35 %	27 %	30 %	1 %	7 %
Filantróp.	35 %	29 %	29 %	0	7 %

As salas de Raios X devem dispor de cabine de comando com dimensões e blindagem que proporcionem atenuação suficiente para garantir a proteção do operador. Quando o comando estiver dentro da sala de Raios X, é permitido que a cabine seja aberta ou seja utilizado um biombo fixado de forma permanente ao piso e com altura de 210 cm, desde que a área de comando não seja atingida diretamente pelo feixe espalhado pelo paciente. Observa-se pela tabela que a maioria atende ao estabelecido na legislação (Tabela 8).

Todo equipamento de radiodiagnóstico médico deve estar equipado com diafragma regulável com localização luminosa para definir o feixe útil e limitar o campo de radiação à região de interesse clínico. O uso de diafragma ajustável correspondeu a aproximadamente 63% em todos os hospitais (Tabela 9).

TABELA 9
Distribuição percentual referente ao tipo de colimação utilizada nos aparelhos de RX em 176 hospitais de São Paulo

Hospital	Diafrag. Ajustável	Cone ou Diafrag.	Cilindro ou Diafrag.	Cone	Outros	Não Resn.
Público	65 %	8 %	4 %	9 %	9 %	5
Particular	62%	8 %	6 %	5 %	6 %	13 %
Filantróp	63 %	8 %	2 %	13 %	3 %	11 %

Observa-se que a maioria atende às especificações da legislação ¹².

Na Tabela 10 encontra-se a referência da filtração total inerente junto aos equipamentos de Raios X, com o intuito de evitar a exposição do público a baixas energias dos raios X.

TABELA 10
Distribuição percentual referida da filtração indicada no equipamento de RX em 176 hospitais de São Paulo

Hospital	2.0 mmAl	1.0 mmAl	2.5 mmAl	Outras	Não há	Não
Público	17%	14%	5%	19%	16%	29%
Privado	15%	10%	4%	32%	14%	25%
Filantrópico	13%	10%	13%	27%	12%	25%

A filtração total permanente do feixe útil dos equipamentos emissores de Raios X diagnóstico deve ser no mínimo o equivalente a 2,5 mmAl.

TABELA 11
Distribuição percentual da existência de manutenção preventiva nos equipamentos de RX em 176 hospitais de São Paulo, por setor hospitalar

Hospital	Sim	Não	Não Resp
Público	62%	37 %	1 %
Particular	81 %	18 %	1 %
Filantropico	68%	29%	3 %

Observa-se na Tabela 11 que o setor público ainda possui 37% dos serviços sem manutenção preventiva.

TABELA 12
Distribuição percentual referida da periodicidade da manutenção preventiva nos equipamentos de RX em 176 hospitais de São Paulo

Hospital	Semestral	Anual	Mensal	Trimestral	Outras	Não responderam
Público	37 %	27%	7 %	3 %	25 %	1 %
Particular	48%	13 %	13 %	8 %	16%	2 %
Filantrop. 52%		19%	0	6 %	21 %	2 %

Observa-se na Tabela 12 que ainda não há uma periodicidade definida em relação à manutenção dos equipamentos de Raios X. Como é apresentado um grande número de manutenção preventiva não caracterizada segundo a periodicidade, torna-se difícil compreender o tempo real referido deste procedimento.

TABELA 13
Distribuição percentual referida da existência
de indicação da espessura de chumbo nos aventais
dos 176 hospitais de São Paulo

Hospital	Sim	Não	Não Resp.
Público	46 %	45 %	9 %
Particular	57 %	30 %	13 %
Filantróp.	64 %	26 %	10 %

Observa-se que no hospital público a maioria dos aventais existentes não possuem identificação da espessura de chumbo. De acordo com a legislação existente, para cada serviço radiológico há um avental adequado, com espessura de chumbo definida, a fim de assegurar a minimização da exposição à radiação ionizante (Tabela 13).

TABELA 14
Distribuição percentual referida do tipo de dosímetro
utilizado em 176 hospitais de São Paulo

Hospital	TLD	Filme	TLD e Filme	Outros	Não Resp.
Público	57 %	28%	2 %	8 %	5 %
Particular	60%	31 %	1 %	2 %	6 %
Filantróp.	61 %	22%	3 %	8 %	6 %

Observa-se a tendência ao uso do dosímetro do tipo Termoluminescente - TLD e a existência de um grupo sem resposta, o que sugere não ter nenhum tipo de processo de monitoração (Tabela 14).

TABELA 15
DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL REFERIDA AOS TIPOS
de equipamentos de proteção individual disponíveis nas 463 salas
de RX em 176 hospitais de São Paulo

Tipos de Equipamentos	Público	Particular	Filantropico
Somente Avt.	37	17	23
Avt. e Luva	20	13	28
Avt., Prot. Tireóide e Luva	8	14	6
Todos	4	13	12
Nenhum	6	9	7
Exceto óculos	4	8	
Avt., Prot. Tireóide e óculos	3	6	1
Avt., Prot. Tireóide	4	7	1
Exceto Prot. Gônadas	7	5	7
Avt., Luva e Prot. Gônadas	1	2	14
Exceto Luva	1	2	1
Avt., Prot. Tireóide e Prot. Gônadas	2	2	
Nº-- de hospitais	56	81	39

Avt. -Avental
 Prot. – Protel

Os serviços de radiodiagnóstico devem possuir equipamentos de proteção individual (EPIs) para pacientes, equipe técnica e acompanhantes, de acordo com o tipo de exame a ser realizado. Os equipamentos de proteção individual devem ser em quantidade suficiente para a realização de exames simultâneos em todas as salas de radiodiagnóstico do serviço de radiologia; a referência do EPI se encontra também na Tabela 15.

4.2 Resultados da análise de condições de riscos e medidas de controle do serviço de radiologia de um hospital público da Grande São Paulo

Serviço de Radiologia do Instituto de Radiologia - INRAD

O serviço de radiologia do Instituto de Radiologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – INRAD/

HCFMUSP compreende um conjunto de salas de Raios X, onde são realizados exames de Raios X em pacientes oriundos da emergência médica, enfermaria e dos ambulatórios. Em algumas situações existem os equipamentos de Raios X portáteis que são dirigidos aos locais onde se encontram os pacientes que não podem se locomover até o serviço de radiologia (Raios X), normalmente em enfermarias, UTI e Centro Cirúrgico.

Além das técnicas convencionais, outras mais sofisticadas, tais como mamografia, tomografia computadorizada, fluoroscopia e densitometria óssea, podem ser realizadas no setor de radiologia.

Assim sendo, os técnicos de radiologia, em sua maioria, participam de um sistema de rodízio entre as diversas técnicas existentes, desde a radiologia do pronto atendimento à tomografia, fluoroscopia, urologia, intervenção vascular, densitometria óssea, ambulatório, enfermaria, leito e Centro Cirúrgico. Observamos que somente nos exames de mamografia os técnicos de radiologia são do sexo feminino.

4.2.1 Percepção e comportamento dos trabalhadores em relação às técnicas radiológicas, riscos e medidas de controle

A pesquisa foi realizada com 85% dos 82 técnicos de radiologia do INRAD, 66% dos estagiários e 2 auxiliares de enfermagem não mencionados nas tabelas a seguir.

TABELA 16
Distribuição percentual do INRAD no Serviço
de Radiologia segundo o sexo

	Téc. Radiologia		Estagiários	
	Nº	%	Nº	%
Masc.	46	66	07	50
Fem.	24	34	07	50
TOTAL	70	100	14	100

Nota-se que entre os estagiários havia uma maior frequência de indivíduos do sexo feminino (50%), enquanto entre os técnicos de radiologia esta porcentagem desce para 34%.

TABELA 17
Distribuição percentual dos trabalhadores do INRAD
no Serviço de Radiologia segundo o estado civil

	Téc. Radiologia		Estagiários	
	Nº	%	Nº	%
Casados	43	62	08	57
Solteiros	19	27	06	43
Divorciados	05	7		
Viúvos	03	4		
TOTAL	70	100	14	100

Entre os técnicos de radiologia há 27% de solteiros, enquanto entre os estagiários a frequência desta categoria chega a 43%.

TABELA 18
Distribuição percentual da faixa etária do grupo
amostrado no INRAD

	Téc. Radiologia		Estagiários	
	Nº	%	Nº	%
18-25 anos	08	11	04	29
26-35 anos	18	26	06	43
36-45 anos	28	40	03	21
Acima de 45 anos	16	23	01	7
TOTAL	70	100	14	100

Observa-se que da maioria do grupo (40%) encontra-se na faixa etária entre 36 e 45 anos, seguida por 26% entre 26 e 35 anos e 23% acima de 45 anos (Tabela 18).

TABELA 19
Distribuição dos trabalhadores segundo o tempo de Trabalho na instituição e no serviço radiológico

	Téc. Radiologia				Estagiários			
	TTI	%	TTSR	%	TTM	%	TTSR	%
Até 6 meses	12	17	2	3	11	79	11	79
6 meses a 1 ano	2	3	2	3	2	14	2	14
1-2 anos	2	3	5	7	1	7	1	7
2-4 anos	2	3	8	11				
4-6 anos	1	1	1	1				
6-8 anos	5	7	2	3				
8-10 anos	4	6	3	4				
10-20 anos	28	40	30	43				
Acima de 2 ⁰ anos	14	20	17	25				
TOTAL	70	100	70	100	14	100	14	100

TTI – Tempo de Trabalho na Instituição

TTSR – Tempo de Trabalho no Serviço Radiológico.

Observa-se na Tabela 19 que uma boa parte dos técnicos de radiologia já trabalhava no Instituto antes de ingressar na atividade com Raios X; outros, porém, foram admitidos com alguma experiência anterior em outros serviços radiológicos.

TABELA 20
Distribuição percentual da referência dos técnicos do INRAD do último treinamento em proteção radiológica

	Téc. Radiologia		Estagiários	
	Nº	%	Nº	%
0-1 ano	06	23	03	75
1-3 anos	02	8	01	25
3-6 anos	06	23		
Acima de 6 anos	05	19		
Não lembra	07	27		
TOTAL	26	100	04	100

Entre o grupo de 70 técnicos, apenas 37% (26), responderam ter tido treinamento; destes, 27% (7) não lembram da data em que ele foi feito (Tabela 20).

Dos 70 técnicos entrevistados, 32 (46%) disseram não confiar nos dosímetros individuais. A principal desconfiança vem das leituras obtidas, que, segundo os técnicos, não condiz com a realidade da exposição.

Dos 70 técnicos, 43 (61%) disseram que realizam sempre a limpeza da mesa após a realização dos exames. Apenas 6 (9%) responderam que não, e 21 (30%) disseram que limpam às vezes, dependendo do procedimento utilizado. Para aqueles que limpam às vezes, a limpeza só ocorre quando há pacientes com fraturas expostas, sangramento, secreção ou alguma sujeira.

Grande maioria dos técnicos (73%) utiliza luvas quando vai posicionar pacientes com fratura exposta; dos estagiários, 100% do grupo utiliza a luva, evitando o contato com o sangue do paciente.

TABELA 21
Distribuição dos trabalhadores do INRAD segundo
referência do modo de utilização do dosímetro juntamente
com avental plumbífero

	Téc. Radiologia		Estagiários	
	Nº	%	Nº	%
Dentro avental	37	53	03	21
Fora avental	31	44	02	14
Outros	02	3	09	65
TOTAL	70	100	14	100

Em função da orientação da CNEN, o uso do dosímetro associado ao avental deve ser por dentro do avental. Observa-se na Tabela 21 que 53% dos técnicos atendem a esta orientação.

TABELA 22
Distribuição dos trabalhadores do INRAD segundo
a referência da classificação do ambiente de trabalho do ponto de vista
da segurança no trabalho x utilização do avental de chumbo

Classificação do risco	Técnicos de radiologia				Estagiários						
	Uso do avental de chumbo				Uso do avental de chumbo						
	Nº “às vezes”		%		Nº Sim	%	Não	Nº “às vezes”		Sim	Não
BAIXO	16	26	5	72				0	3		
REGULAR	28	45	1	14	1	4	50	0	4		
ALTO	11	18	0		0	1	13	0	0		
NENHUM	07	11	1	14	0				0		0
TOTAL	62	100	7	100	1	8	100	0	6		

A classificação do ambiente por parte dos técnicos e estagiários foi em função dos riscos ambientais e de segurança do trabalho associado.

Na questão do uso do avental, observa-se que a maioria somente às vezes utiliza o avental.

TABELA 23
Relação entre a classificação de risco e outra atividade
externa ao INRAD

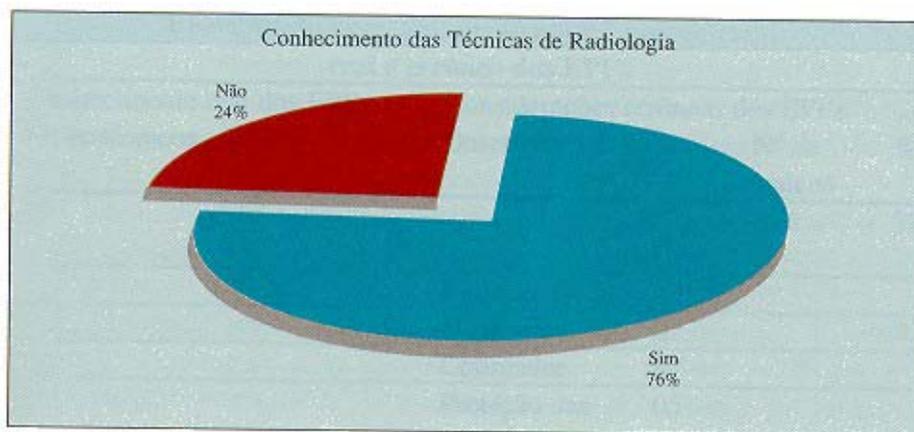
Classificação do risco	Trabalha com RX em outro local		Trabalha sem exposição aos RX em outra atividade		Não tem outra atividade fora do Instituto	
	58%		37%		5%	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
BAIXO	16	32	8	25	01	25
REGULAR	20	40	17	53	02	50
ALTO	05	10	05	16	01	25
NENHUM	09	18	02	6	00	
TOTAL	50	100	32	100	04	100

Grande parte dos técnicos do Instituto de Radiologia possuem atividade em outros hospitais, e, como um agravante, trabalham com Raios X. A legislação não permite que técnicos de radiologia tenham outra atividade com Raios X. A legislação não permite que técnicos de radiologia tenham outra atividade com Raios X, pois estão ocupacionalmente expostos por um período muito maior à radiação. Ao relacionarmos esses dados com a percepção de risco, observamos que a maioria acredita que o ambiente de trabalho apresenta risco regular ou baixo risco.

Praticamente todos os técnicos de radiologia realizam exames periódicos. Essa periodicidade, para a grande maioria, acontece a cada 6 meses e o exame mais comum realizado é o hemograma. São poucos os técnicos que realizam outros exames, como os de tireóide e plaquetas.

TABELA 24
Distribuição percentual referida do conhecimento dos
técnicos do INRAD em relação às técnicas de produção de imagens
radiográficas em Radiologia, Mamografia e Tomografia

Técnicas radiográficas	SIM		NÃO	
Radiologia	19	76%	06	24%
Mamografia	10	40%	15	60%
Tomografia	11	44%	14	56%



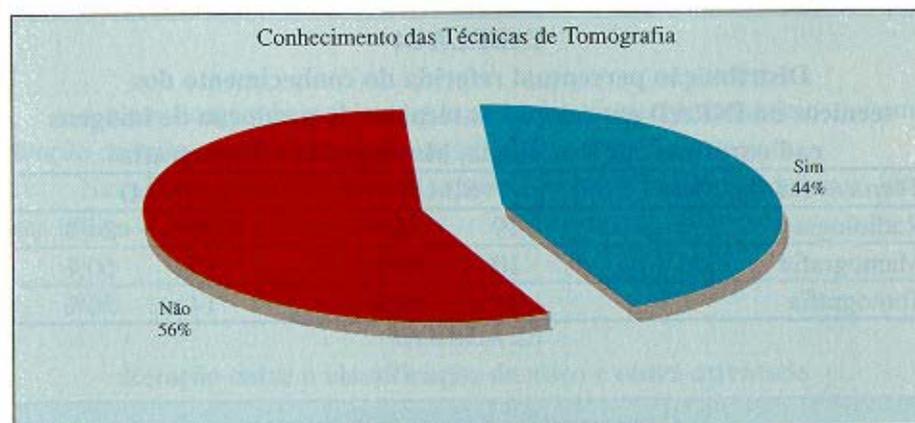
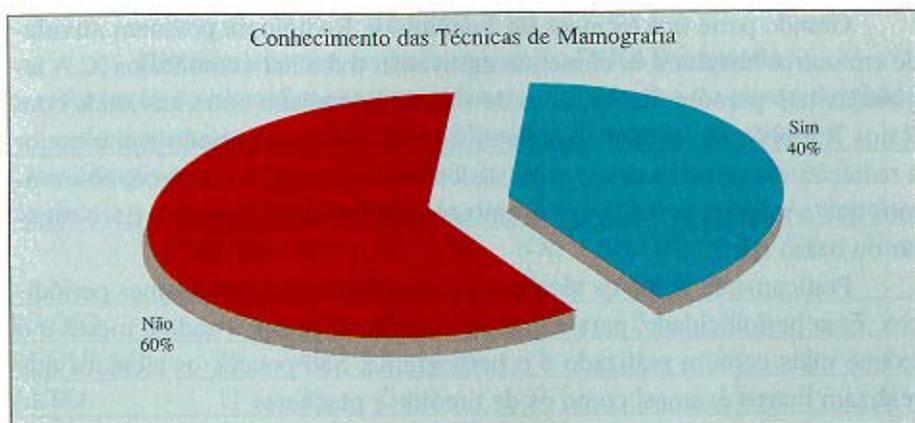


TABELA 25
Distribuição percentual referida dos técnicos do INRAD sobre o conhecimento dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI)

	Téc. Radiologia	Estagiários	Aux. Enferm.
Sim	67	12	1
Não	3	2	1

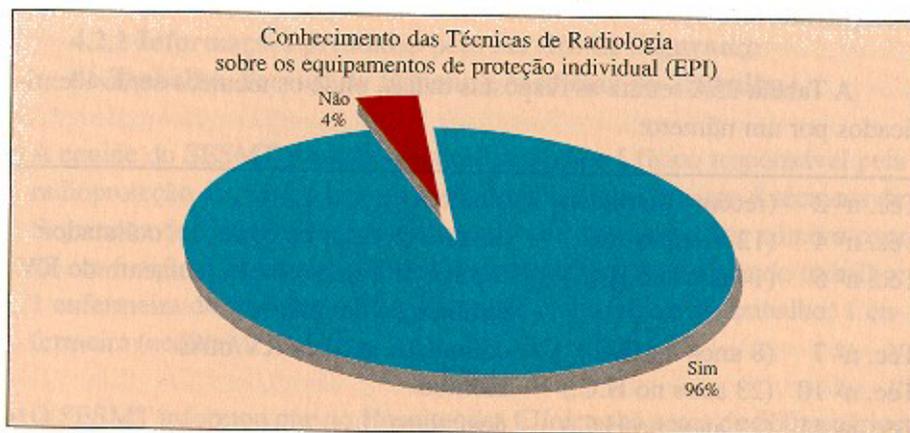


TABELA 25A
Distribuição percentual referida do conhecimento real e errôneo dos EPI's

Conhecimento real dos EPI's		Considerações errôneas dos EPI's		
Nº de técnicos	%	Descrição	Nº de técnicos	%
44	63		Nº de 26 citações	37
		Biombo	12	
		Dosímetro	07	
		Colimador	07	
		Proteção das salas	05	
		Condições operacionais dos equipamentos de RX	07	

Na entrevista, os técnicos responderam que conhecem os EPI's, mas no momento em que solicitamos para citar alguns deles, muitos técnicos ainda confundem EPI's com biombo, dosímetro, colimador, salas de chumbo etc. (Tabela 25A). Poderíamos supor que esta confusão se dê por falta de experiência profissional, mas, segundo nosso levantamento, a maioria desses técnicos possui mais de 8 (oito) anos de atividade no HC.

A pergunta feita foi a seguinte: Você conhece todos os equipamentos de proteção individual?

A Tabela 25A retrata as respostas dadas, onde os técnicos serão identificados por um número:

Téc. nº 2	(recém-contratado)	- biombo
Téc. nº 4	(12 anos no H.C.)	- dosímetro, fator de correção, colimador
Téc. nº 5	(14 anos no H.C.)	- técnica de compensação (aumento do KV diminuição do mAs)
Téc. nº 7	(8 anos no H.C.)	- colimador, técnica KV/mAs
Téc. nº 10	(23 anos no H.C.)	- biombo
Téc. nº 11	(22 anos no H.C.)	- dosímetro
Téc. nº 14	(12 anos no H.C.)	- biombo
Téc. nº 20	(18 anos no H.C.)	- salas de chumbo
Téc. nº 26	(12 anos no H.C.)	- colete
Téc. nº 27	(9 anos no H.C.)	- dosímetro
Téc. nº 32	(18 anos no H.C.)	- biombo
Téc. nº 33	(6 dias no H.C.)	- dosímetro, caneta dosimétrica
Téc. nº 34	(10 dias no H.C.)	- dosímetro
Téc. nº 36	(10 anos no H.C.)	- dosímetro, biombo, colimação, ecran, distância, tempo
Téc. nº 39	(1 mês no H.C.)	- biombo, colimador, burker
Téc. nº 40	(3 meses no H.C.)	- colimação de exame, baixo mAs
Téc. nº 41	(14 anos no H.C.)	- distância, concreto
Téc. nº 42	(10 anos no H.C.)	- cone, colimador, biombo, gargantilha de - chumbo
Téc. nº 45	(9 anos no H.C.)	- biombo
Téc. nº 49	(7 anos no H.C.)	- vidro
Téc. nº 65	(13 anos no H.C.)	- dosímetro
Téc. nº 70	(13 anos no H.C.)	- colimador, distância, biombo
Téc. nº 75	(27 anos no H.C.)	- biombo, gargantilha
Téc. nº 76	(23 anos no H.C.)	- biombo, diafragma, parede de chumbo

Téc. nº 77 (14 anos no H.C.) - biombo

Téc. nº 78 (34 anos no H.C.) - biombo

Verifica-se que uma boa parte dos técnicos não sabe o que é um EPI e sua função. As citações indicam que os técnicos confundem proteções na sala ou parâmetros operacionais dos equipamentos com mecanismos de proteção individual.

4.2.2 Informações prestadas pelo Serviço de Segurança do Trabalho, Serviço de Higiene e Medicina do Trabalho

a) A equipe do SESMT é composta atualmente por 1 físico responsável pela radioproteção em todo o complexo do Hospital das Clínicas; 8 técnicos de Segurança do Trabalho, com a perspectiva do aumento desse número para 12 em função de concurso público a ser realizado; 3 médicos do trabalho; 1 enfermeira do trabalho e 3 auxiliares de enfermagem do trabalho; 1 enfermeira (cedida).

b) O SESMT informou que no Hospital das Clínicas há cerca de 500 usuários de dosímetros (representando funcionários do HC); o sistema de dosimetria é monitorado pelo físico responsável, com exceção do INCOR, que possui equipe própria junto à Medicina Nuclear.

Em função da existência de algumas fundações e seus distintos funcionários dentro do complexo, o sistema de dosimetria pode ser diferente, ou seja, alguns são monitorados por dosímetros tipo filme, outros por tipo Ter moluminescente (TLD), com procedência também diferente (IPEN / IFUSP / Pro Rad).

Nesse sentido, o físico responsável observou diferenças nas leituras dosimétricas de um mesmo grupo de funcionários monitorados por filmes dosimétricos e outra parte por TLD. Após a mudança dos monitores de todo o grupo para o tipo TLD, não houve registros de dose acima das recomendadas. Estas observações ocorreram em meados de outubro de 1998, quando o sistema foi alterado.

Dado o número de trabalhadores usuários de dosímetros, o serviço tem dificuldade em acompanhar e supervisionar o uso destes nos setores do complexo. A situação mais crítica é atribuída aos médicos que não usam dosímetros, apesar de serem alertados para as situações potenciais de exposição.

O pessoal de enfermagem que tem acesso às salas de exames também são monitorados. Em relação à dosimetria dos estagiários, por não terem vínculo com o hospital e estagiar num período de 3 meses, não são monitorados. O Serviço de Segurança não tem informação sobre o oferecimento de estágio de nível médio no Instituto, a não ser para nível superior (médicos residentes).

Os levantamentos radiométricos de todas as instalações que dispõem de Raios X foram realizadas por empresas terceirizadas com o intuito de atender às exigências do C.V.S. Dessa forma, todos os ambientes estão licenciados pela autoridade sanitária.

Apesar desta licença, o Serviço de Segurança observa que podem ocorrer modificações nas instalações independentes do Serviço de Segurança; alguns casos geram problemas. Ex.: salas que após alteração de layout as portas não fecham, sala de comando de Raios X do Pronto-Socorro transformouse em câmara escura.

Em relação à instrumentação para monitoração de radiação (Raios X), o serviço não dispõe de equipamentos para medições - normalmente empresta de outras entidades para uso esporádico.

c) A manutenção dos equipamentos fica a cargo do Serviço de Engenharia Eletrônica - todos os equipamentos têm um programa de manutenção preventiva, que depende do tipo e do modelo de equipamento. Atualmente o serviço de manutenção do HC é terceirizado, principalmente em relação aos novos equipamentos.

Não há programa de qualidade de imagem radiográfica conforme solicita a legislação; essa inexistência é atribuída à falta de recursos humanos e à necessidade de ampliar a equipe do SESMT. Informa ainda que o Plano de Radioproteção do HC não agrega o universo das atividades nucleares do complexo. As ações geralmente são estabelecidas por normas internas.

d) Os exames médicos realizados são os hemogramas completos e a contagem de plaquetas a cada 6 meses. A cada 2 anos é realizado no complexo o Censo Torácico para investigação de tuberculose e outras doenças pulmonares entre os quase 12 mil funcionários do complexo.

Caso os exames identifiquem alteração biológica ou dosimétrica, o SESMT convoca o funcionário e repete os exames após 15 dias; se persistir a alteração, o funcionário é afastado da atividade com radiação enquanto se

investiga a causa. Informa que 50% dos casos registrados de doses acima dos limites normais não foram esclarecidas.

Caso haja probabilidade de alguma funcionária estar grávida, esta é afastada da atividade com radiação.

O Serviço de Segurança informa que em relação ao PCMSO, conforme a NR n° 7 do MTE, ainda não há este programa estabelecido no hospital.

e) Com relação ao treinamento das técnicas de imagens radiográficas, o Serviço de Segurança do Trabalho e Higiene e Medicina do Trabalho não tem informações da existência de tais programas; acredita que esta informação seja obtida através dos cursos de formação profissional

Com relação à realização de treinamentos, o Serviço de Segurança do Trabalho menciona dificuldades não bem caracterizadas para a implantação de treinamento de Proteção Radiológica no complexo do HC.

Em relação aos treinamentos para membros da CIPA, diante das várias situações complexas de atendimento no Hospital, menciona que as questões de Proteção Radiológica são difíceis de ser abordadas em função da necessidade de aprofundamento científico no assunto entre os cipeiros.

Durante as visitas no INRAD, destacam-se as salas de Raios X diagnóstico do Ambulatório e do Pronto-Socorro, que apresentam uma grande demanda de atividades diárias. Conforme ilustra, por exemplo, a Foto 2. Desta forma, através do Anexo 1 identificam-se as características desses ambientes abaixo representados no Quadro 1:

QUADRO I
Características Gerais de algumas salas de exame
no Setor de Radiologia do Hospital das Clínicas de São Paulo
(Anexo 1)

Ident. das salas de Raios X	Filtração indicada mmAl	Manut. preventiva	Tipo aplicação equip.	de Sinalização da sala
4.32	0.5	Sim	Radiog.	Gráfico
4.27	1.2	Sim	Radiog.	Gráfico
4.27	Não há	Sim	Panoram.	Gráfico
4.17	1.2	Sim	Radiog.	Gráfico
4.16	0.5	Sim	Radiog.	Gráfico
4.6	Não há	Sim	Radiog.	Gráfico
4.43	0.5	Sim	Fluoroscopia/ Serio-grafia	Gráfico
4.33	Não há	Sim	Fluoroscopia/ Digestiva	Intensificador de imagens
Pronto-Socorro PS.4171	0.7	Sim	Radiog.	Luminoso
PS 4169	1.0	Sim	Radiog.	Luminoso
PS 4172 Tomog.	Sim	Tomografia Computadorizado	Luminoso	Cabin

Sala de comando	Comando oferece visão do paciente	Fácil comunicação	Tipos de EPI's na sala	Visão clara portas da Sala
Biombo	Sim	Sim	Só Avental	Sim
Biombo	Sim	Sim	Só Avental	Sim
Biombo	Sim	Sim	Só Avental	Sim
Biombo	Sim	Sim	Nenhum	Não
Biombo	Não	Sim	Só Avental	Não
Biombo	Sim	Sim	Só Avental	Sim
Biombo	Sim	Sim	Só Avental	Sim
Biombo	Sim	Sim	Avental, luva e prot. Tireóide	Sim
Biombo	Sim	Sim	Só Avental	Sim
Cab. semi-aberta	Sim	Sim	Só Avental	Não
Sim fechada	Sim	Só Avental	Não	

Com base na observação:

- 1 Todas as salas observadas oferecem fácil comunicação com o paciente.
- 2 Em relação à visualização dos pacientes, 4 salas, incluindo o Pronto-Socorro, não oferecem boa visão das partes da sala. Isso representa potencialidade de abertura das salas quando de utilização do Raios X (Fotos 19 e 20).
- 3 Em relação à sinalização das salas, 8 apresentam sinalização por meio de gráficos, 3 com sinalização luminosa (Fotos 3 e 4) que funciona no acionamento do feixe de raios X.
- 4 A sala de comando da tomografia do Pronto-Socorro não oferece boa visualização da porta que dá acesso aos pacientes. A porta pode ser aberta durante o exame sem a visualização de sala de comando /operador (Foto 20).
- 5 O corredor das salas de exames de Raios X no Ambulatório são locais de espera dos pacientes (Foto 2).
- 6 O uso de lençóis sobre a mesa do equipamento em algumas salas de Raios X. Considerando o número elevado de pacientes e a variedade de doenças passíveis de exposição, os lençóis deveriam ser de uso unitário por paciente e não o mesmo para todos (Risco de contaminação biológica) (Foto 11).
- 7 O sistema de dosimetria utilizado é tipo TLD (Foto 1).
- 8 Em relação ao sistema de filtração verifica-se que, das 9 salas de Raios X, 3 não apresentam discriminação da filtração inerente.
- 9 Com exceção das salas do Pronto-Socorro, as demais dispõem de biombo para proteção do operador/comando (Fotos 5 e 6).
- 10 Foi constatado que apenas a sala 4.33 (RX) dispõe de EPI's adequados (avental, luva, protetor de tireóide, protetor de gônadas).
- 11 Verifica-se que a maioria dos aventais de chumbo existentes nas salas de

exames estão em condições de desgaste e contêm resíduos de contrastes químicos retidos na lona (Foto 17).

11.1 Verifica-se que alguns aventais não têm discriminada a espessura de chumbo.

Observa-se que as 6 salas que possuem irradiação apresentam filtração abaixo da recomendada.

12 Algumas salas não têm suportes para os aventais (Foto 13).

13 Verifica-se que durante os procedimentos radiológicos alguns técnicos não fecham a porta da sala de exame.

14 A manutenção preventiva dos equipamentos é realizada na maioria das salas. A técnica mais utilizada é pelo equipamento de Raios X convencional - (radiografias).

15 Verifica-se que uma parte dos técnicos de radiologia não utiliza dosímetro.

16 Verifica-se que no Pronto-Socorro, na sala de Raios X, a área do comando é utilizada para guarda de produtos perecíveis /alimentos (pães, biscoitos, margarina), local inclusive onde os técnicos tomam café.

17 Em relação às câmaras escuras, observa-se:

17.1 A câmara escura do Ambulatório apresenta problemas de exaustão dos produtos químicos (revelador e fixador) utilizados.

17.2 A reveladora automática existente na área (Foto 14) apresenta ao lado estoque de galões contendo os produtos químicos de revelação.

17.3 A câmara escura do Pronto-Socorro, apresenta irregularidades quanto à dimensão da sala e o funcionamento do sistema de exaustão (Foto 23).

DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA

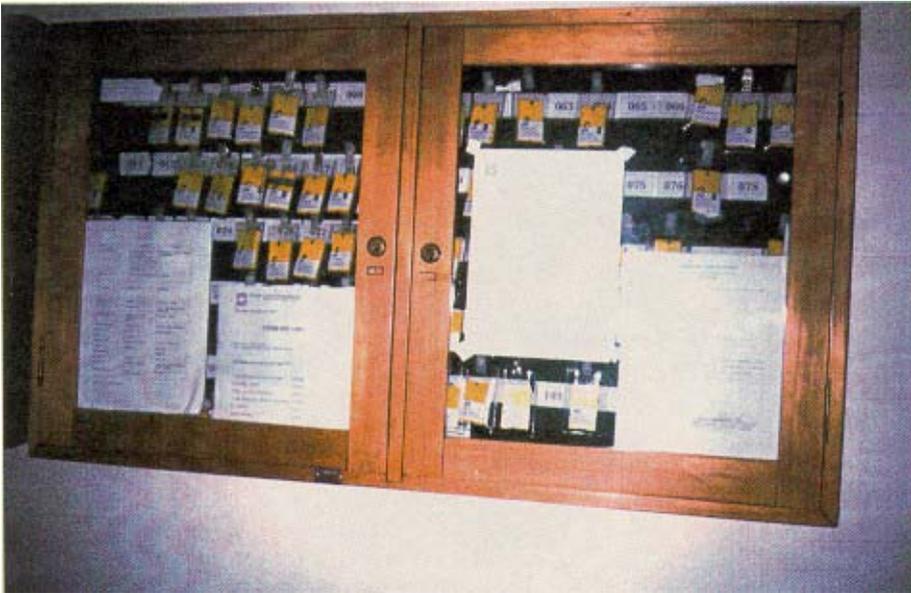


Foto 1 – Local de guarda dos dosímetros



Foto 2 – Corredor que dá acesso às salas de Raios X no Serviço de Radiologia / Ambulatório



Foto 3 – Indicação dos Raios X com dispositivo luminoso acima da porta da sala de RX

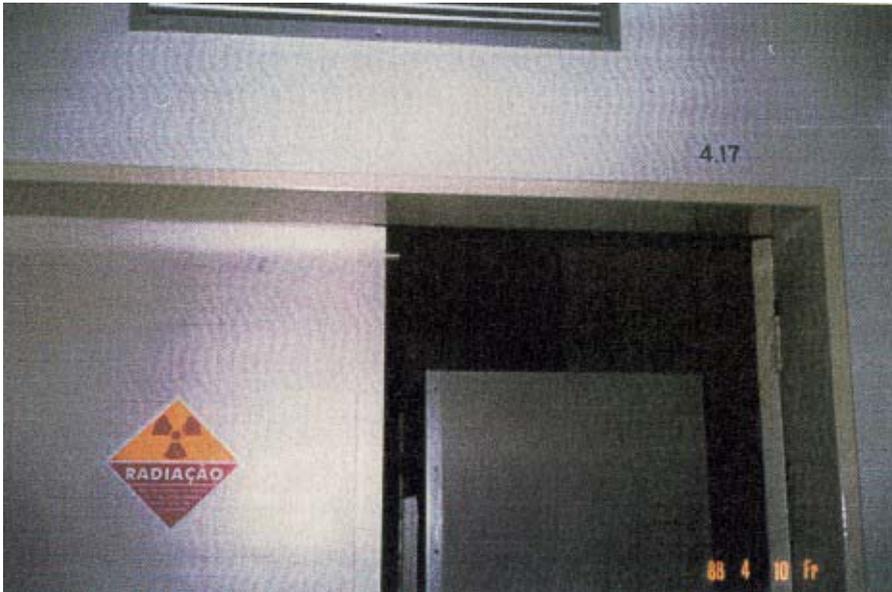


Foto 4 – Sinalização da radiação na porta da sala de RX

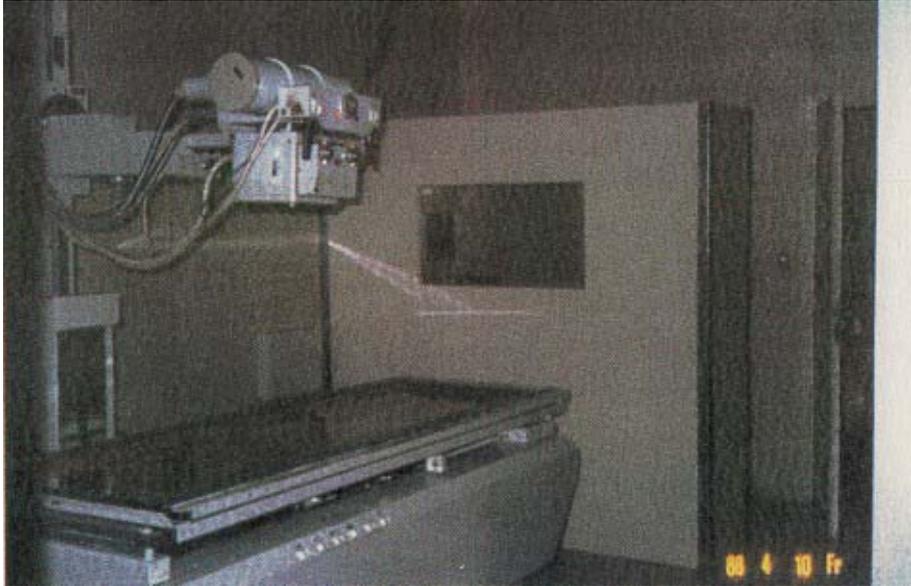


Foto 5 – Interior da sala de Raios X: visualização à direita da cabine de comando semi-aberta

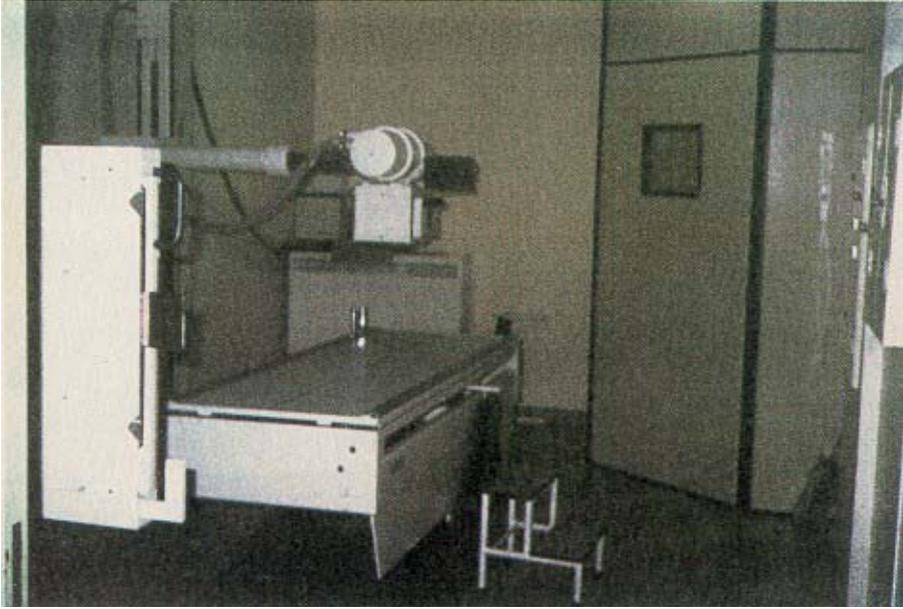


Foto 6 – Interior da sala de Raios X: visualização à direita da cabine fechada (observar altura do visor)

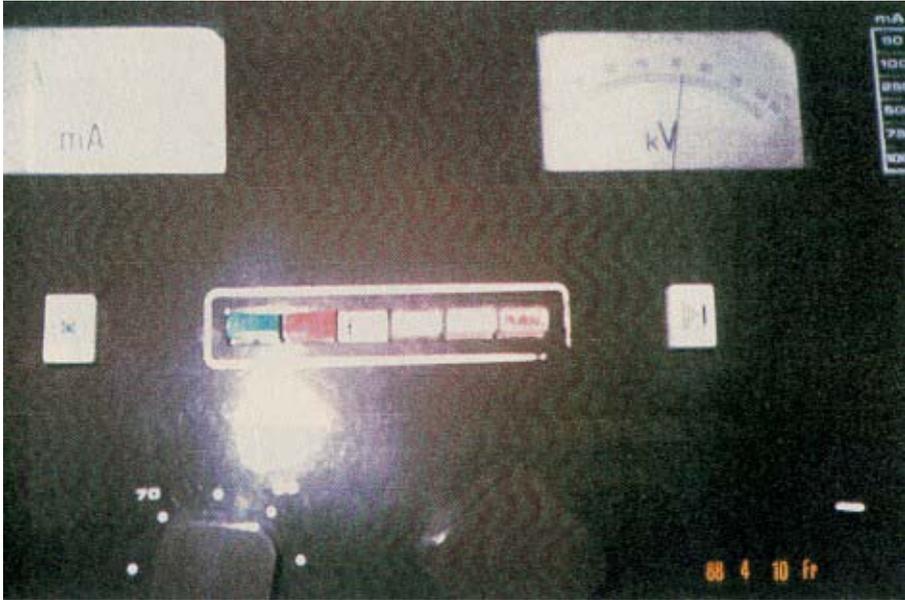


Foto 7 – Painel de comando do equipamento de Raios X com comando quebrado (3º botão da esquerda para direita)

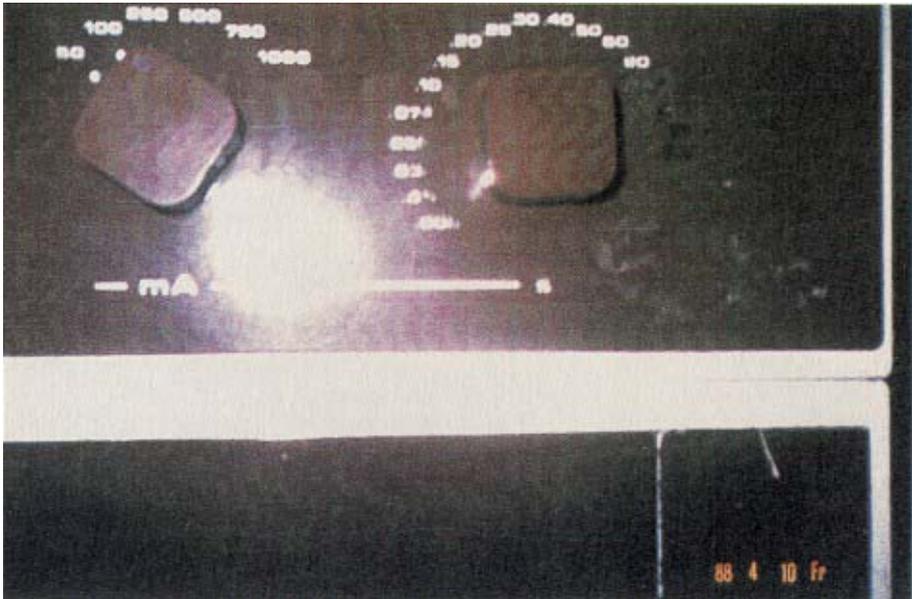


Foto 8 – Painel de comando do equipamento de Raios X com funções de voltagem à direita apagadas



Foto 9 – Uso de colimadores do feixe de raios X (tipo cone)

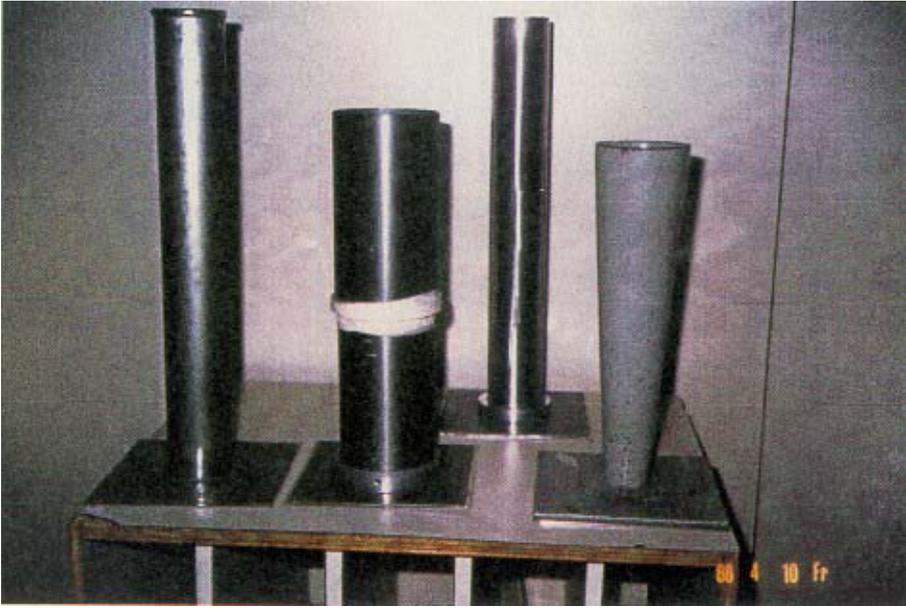


Foto 10 – Alguns tipos de cones de feixe utilizados na radiologia

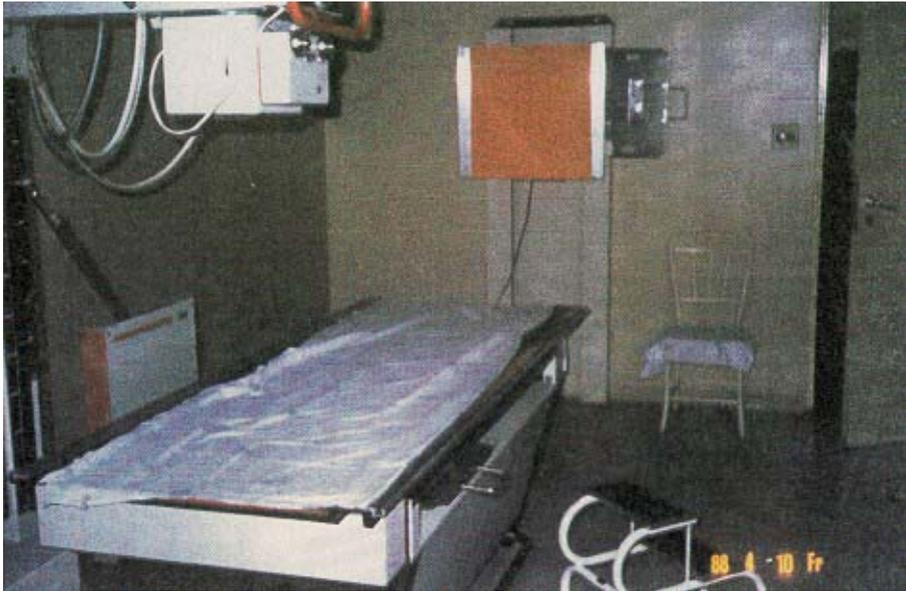


Foto 11 – Interior de uma sala de Raios X, mostrando o uso de lençol sobre a mesa de exames

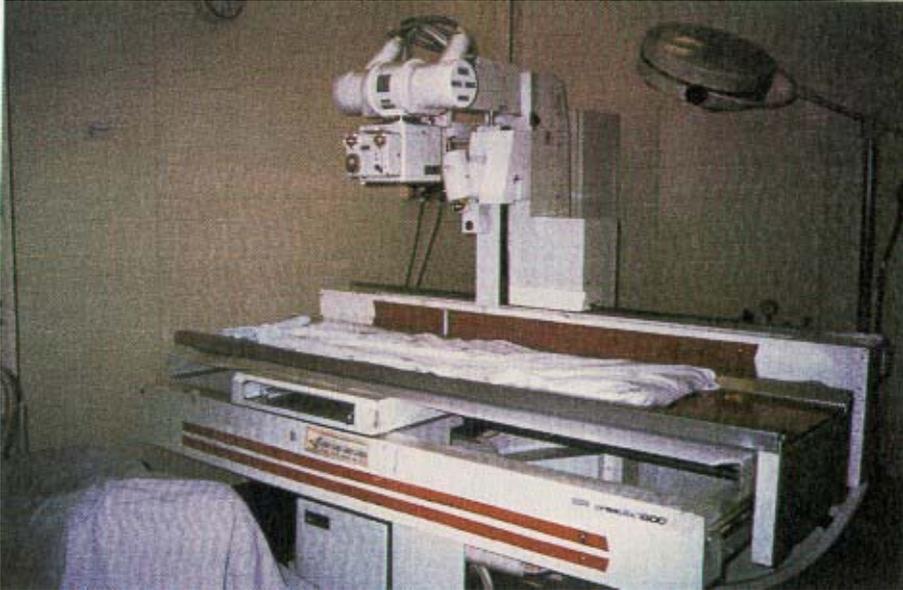


Foto 12 – Interior de uma sala de Fluoroscopia

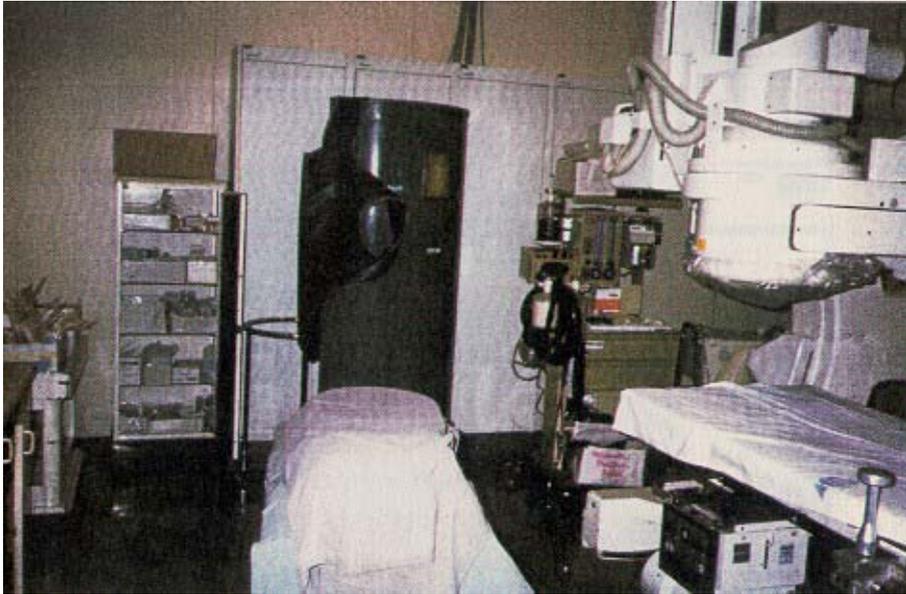


Foto 13 – Interior de uma sala de exames vasculares (avental de chumbo em cima de biombo)



Foto 14 – Processadora automática de revelação de filmes radiográficos (estoque de produtos químicos no piso à direita)



Foto 15 – Biombo improvisado na sala de Intervenção Vascular



Foto 16 – Biombo da Foto 15 utilizado como anteparo para a porta de entrada



Foto 17 – Avental de chumbo a ser utilizado pelos técnicos de radiologia nas salas de RX



Foto 18 – Forma adequada de guardar o avental

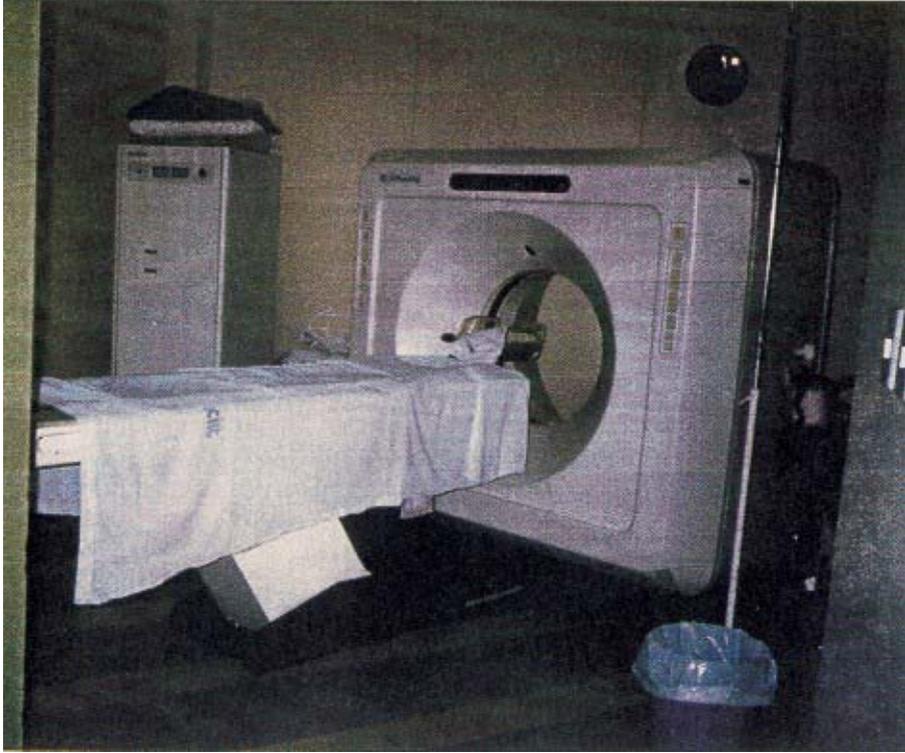


Foto 19 – Interior da sala de Tomografia no Pronto-Socorro



Foto 20 – Visualização da porta de entrada da sala de Tomografia e Sala de Comando



Foto 21 – Entrada da câmara escura no Pronto-Socorro



Foto 22 – Interior de câmara escura da Foto 21 (local de pequena dimensão)

5 DISCUSSÃO

O crescente uso das técnicas radiológicas como importante ferramenta de diagnóstico na Medicina contemporânea leva a um grande aumento do número de pessoas expostas a radiações ionizantes, e que pode resultar em sérios agravos à saúde. Entre os expostos, encontram-se os profissionais da área da saúde, principalmente os técnicos em radiologia. Por isso, o uso das técnicas de radiologia deve ser feito rigorosamente de acordo com as medidas de segurança preconizadas pela CNEN, pelo CVS e pelo MTE. Além disso, os hospitais devem contar, de um lado, com eficientes serviços de Saúde Ocupacional, e, de outro, com profissionais qualificados, com conhecimentos sobre os riscos envolvidos e treinados nas técnicas e medidas de prevenção da exposição às radiações.

No desenvolvimento deste estudo, foram avaliadas as condições de trabalho dos serviços de radiologia no que diz respeito ao uso de técnicas de radiodiagnóstico e riscos de exposição aos Raios X e adoção de medidas de prevenção. Levanta-se um conjunto de aspectos de várias dimensões que, embora inter-relacionados, por razões didáticas são divididos em prática das instituições de radiologia que operam Raios X e percepção e consciência dos trabalhadores dos riscos de exposição a radiações ionizantes.

5.1 Prática das instituições que operam Raios X

Como o estudo ateu-se aos serviços de radiologia de São Paulo, o quadro observado, a rigor, não pode ser generalizado para todo o País. Todavia,

é provável que a utilização de tecnologias e conhecimentos científicos mais avançados esteja mais incorporada aos serviços radiológicos do estado situado na região mais desenvolvida do País, do ponto de vista econômico.

Inicialmente, destaca-se o fato de não terem sido encontradas diferenças acentuadas entre os hospitais públicos, privados e filantrópicos nos vários aspectos abordados.

5.1.1 Técnicas e controle de riscos ambientais

Nesta discussão, enfoca-se a análise das informações prestadas sobre técnicas e controle de riscos ambientais e medidas da exposição dos trabalhadores a radiação ionizante.

As técnicas de diagnósticos comumente encontradas são as que utilizam os equipamentos de Raios X convencional, ou seja, usam equipamentos simples - a fluoroscopia, a tomografia e a mamografia requerem equipamentos e procedimentos especiais. Observa-se que a demanda por serviços de Raios X convencional é muito comum para toda a comunidade; a literatura chega a citar a existência de pelo menos 1 equipamento de Raios X para cada pessoa da comunidade.

Podem-se observar aspectos positivos em relação às técnicas usadas nos hospitais, como o uso de colimação do feixe. Neste caso, observa-se que uma boa parcela dos hospitais utiliza o colimador tipo diafragma ajustável e outros não. Algumas situações podem requerer o uso de cones junto aos colimadores, como ilustram as Fotos 9 e 10; observado no INRAD, esta condição reduz a área irradiada e a dose no paciente.

Uma das maneiras de reduzir a dose aplicada na pele do paciente é utilizar sistemas de filtração que removam a radiação inútil para a formação da imagem radiográfica, danosa para o paciente. A filtração recomendada é de no mínimo 2,5 mmAl. Caso os equipamentos não disponham dessa espessura equivalente, normalmente indicada na cúpula do tubo de Raios X, os técnicos responsáveis deverão adicionar placas de alumínio na saída do tubo, de maneira a possibilitar a filtração. Observa-se que a maioria dos hospitais não dispõe desta espessura recomendada, como se pode ver na Tabela 10³⁹.

Contudo, na maioria das situações os hospitais seguem parcialmente as normas e as recomendações da legislação. As salas de Raios X devem dispor de cabines de comando que, dependendo da quilovoltagem utilizada, deverão ser fechadas até o teto. Nas Fotos 5 e 6 podemos observar estas duas situações, muito embora a maioria dos serviços ainda utilize os chamados biombos (Foto 13); neste caso, é recomendado que os técnicos utilizem aventais

de chumbo para evitar exposição às radiações espalhadas na sala durante o procedimento radiológico.

Observa-se que a maioria dos hospitais sinalizam em parte seus ambientes - apenas 6% dos hospitais públicos, 32% dos privados e 7% dos filantrópicos possuem sinalização adequada (Tabela 7). Nas Fotos 3 e 4 observa-se que num mesmo hospital diferentes formas de sinalização das salas de exames radiológicos são utilizadas.

Na Tabela 11 observa-se que nas técnicas mais simples e mais especializadas uma parcela significativa dos hospitais não dispõem de serviços de manutenção.

Aspectos também observados no INRAD sugerem que ocorre a falta de manutenção - na Foto 7, o botão de comando do painel de controle do equipamento de Raios X inexistente, e na Foto 8, a quilovoltagem está apagada no painel. Esses parâmetros guardam importante relação com a dose do paciente e a exposição do trabalhador.

A manutenção preventiva inexistente em 37 % dos hospitais públicos, 29% dos filantrópicos e 18% dos privados, a ausência do procedimento de manutenção provoca a repetição de chapas nos serviços radiológicos, e conseqüentemente o acúmulo do tempo de serviço, gasto de material além do previsto e doses superiores às necessárias nos exames.

Os equipamentos de proteção individual, um dos recursos complementares para minimizar ou eliminar a exposição desnecessária às radiações, não são oferecidos em sua totalidade nos ambientes dos serviços de radiologia. Em relação à existência desses equipamentos, apenas o avental de chumbo está presente na maioria dos ambientes, correspondendo a 37% nos hospitais públicos, 23% nos filantrópicos e 17% nos privados (Tabela 15). Isso evidencia que órgãos como a tireóide, as extremidades e a visão ficam expostos na maioria dos procedimentos. É importante lembrar que a literatura aponta que esses órgãos, incluindo as gônadas e as mamas, são sensíveis a qualquer nível de radiação, havendo um aumento da probabilidade de ocorrência do efeito biológico em função da dose recebida e/ou acumulada no tempo. Além disso, os aventais devem informar a espessura de chumbo existente, uma vez que existem tipos diferentes de aventais e espessuras diversas para determinados exames. Uma boa parte dos aventais nos serviços de radiologia - nos hospitais públicos, 45%, nos privados, 30%, e nos filantrópicos, 26% - não possui indicação da espessura correspondente, além de apresentar mau estado de conservação e guarda do material (a Foto 13 ilustra a guarda irregular; a Foto 18, a forma adequada, e a Foto 17 demonstra o estado ruim de conservação).

A legislação¹⁰ estabelece que o responsável técnico pelos procedimentos do setor de Raios X seja um médico legalmente habilitado, e que os serviços de radiologia devem ter um profissional de nível superior com certificação de especialista em física do radiodiagnóstico. Verificou-se que isso não ocorre na maioria dos serviços de radiologia. Somente 14% dos hospitais públicos, 16% dos privados e 21% dos filantrópicos possuem este profissional. Sendo assim, é provável que os técnicos desassistidos em seus locais de trabalho criem suas próprias condutas, quer seja na produção das imagens radiográficas, quer seja no uso de procedimentos de segurança (ver Tabelas 4 e 5). Algumas situações nas salas são improvisadas para evitar exposição às radiações, mas estão em desacordo com as regras básicas de controle (Foto 15).

5.1.2 Medidas de exposição dos trabalhadores a radiação ionizante

Em relação aos controles da exposição ocupacional, observamos que o uso de dosímetro é um dos importantes parâmetros para a avaliação das doses recebidas. Em relação ao uso dos dosímetros nos serviços de radiologia, observa-se que a maioria dos hospitais disponibilizam o material para seus técnicos, conforme se observa na Tabela 14, optando pela dosimetria tipo TLD, que apresenta maior confiabilidade da técnica de dosimetria em relação ao uso do dosímetro tipo filme^{9,14}. No INRAD, em função da não-confiabilidade, a conduta utilizada opta pelo não-uso deste equipamento.

Ressalta-se que o tipo de dosimetria utilizada pode apresentar diferenças na indicação das doses recebidas. Esta situação foi retratada pelo físico responsável do Hospital das Clínicas, em relação a diferentes doses registra das para um grupo monitorado pela dosimetria tipo filme e posteriormente pela dosimetria tipo TLD.

Observa-se que os estagiários no INRAD não são monitorados; segundo a legislação vigente, todos os indivíduos que exercem atividades com radiação ionizante, inclusive estudantes, devem ser monitorados¹⁰.

Os exames médicos, como outra ferramenta de avaliação, podem indicar a ocorrência de efeitos biológicos. Observa-se que esta prática nem sempre é adotada com caráter preventivo. A legislação atual do MTE estabelece o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional, porém este programa ainda não está implantado na maioria dos hospitais, em particular no Hospital das Clínicas.

5.2 Percepção e consciência dos trabalhadores dos riscos de exposição a radiações

A análise dos dados obtidos no serviço de radiodiagnóstico do INRAD/ HC mostra que os trabalhadores na sua maioria negam, ignoram e subestimam as medidas de controle de risco. No sentido da caracterização a negação, pode-se citar o não-uso do dosímetro, desconhecimento das técnicas de produção de imagens radiográficas e os riscos associados ao trabalho com Raios X em outros hospitais. Na Tabela 23, verifica-se que no INRAD 58% dos técnicos de radiologia têm atividades com Raios X em outros estabelecimentos (hospitais, clínicas, ambulatórios, etc), de maneira que a probabilidade de efeitos biológicos aumenta nesta situação.

O dosímetro utilizado pelos profissionais é de uso e responsabilidade de cada serviço radiológico da instalação, e assim os técnicos que trabalham em outros estabelecimentos não podem utilizar o mesmo dosímetro. Dessa forma, o principal dosímetro passa ser o seu próprio organismo. Verifica-se que a maioria dos técnicos não utilizam os dosímetros em função da não-confiabilidade da leitura do equipamento.

Verifica-se que uma boa parte dos técnicos não sabe o que é um EPI e sua função. As citações indicam que os técnicos confundem parâmetros operacionais dos equipamentos e proteções nas salas referentes aos mecanismos de proteção individual.

Para compreensão deste comportamento de não-reconhecimento de risco parecem concorrer vários fatores, os quais necessitam de variadas concepções e linhas de interpretação.

Dejours¹⁹ acredita que determinadas categorias profissionais usam a ideologia defensiva de negação de riscos reais e concretos com o objetivo de mascarar, conter e ocultar a ansiedade particularmente grave. Seria um mecanismo de defesa funcional e vital elaborado pelo grupo de trabalhadores. Esta ideologia defensiva leva muitas vezes à resistência no uso de medidas de controle de higiene e segurança no trabalho e comportamento de enfrentamento exagerado dos riscos. Ele descreve este mecanismo em trabalhadores da Construção Civil, onde há riscos de quedas de altura e os que envolvem eletricidade.

A ideologia defensiva nos trabalhadores de serviços radiológicos poderia decorrer da ansiedade determinada por trabalhar expostos a radiações que sabidamente podem determinar problemas sérios de saúde. Os grandes acidentes de Goiânia e Chernobyl foram bastante discutidos e apresentados nos meios de comunicação, principalmente a televisão.

Outra situação real que pode determinar medo e insegurança nos trabalhos de radiologia é o fato de atenderem indivíduos graves em fase terminal. Mecanismos defensivos têm sido também estudados em enfermeiras, em função do fato de trabalharem em contato com doentes graves e enfrentando situações de morte⁴³.

Nos textos da fase inicial de Marx²⁸, ele desenvolve uma teoria sobre a ideologia e a consciência usadas até hoje por muitos autores. A consciência estaria relacionada às condições concretas de existência. A vida sensorial repercutiria nas formas de pensamento e concepção das pessoas. A forma como é realizado o processo de trabalho, sem a adoção de medidas concretas de controle de riscos pela comunidade hospitalar, responsável pelo serviço e organização do trabalho, levaria os trabalhadores a desconhecer os riscos e a não valorizar a saúde em geral e a sua saúde em particular.

Além disso, o assalariado está submetido a certas contingências e pressionado por necessidades básicas de sobrevivência, que fazem com que se submeta a situações de risco, consentidas em função das exigências da organização e responsáveis pela direção e condução do processo de trabalho.

O desemprego estrutural e a crise econômica que atinge todos os setores produtivos da sociedade também contribuem para que o trabalhador tente manter o trabalho sob quaisquer condições, inclusive as de risco.

O desemprego condiciona vários aspectos da subsistência desses trabalhadores. A possibilidade de desemprego decorrente da exclusão e da marginalização crônica do mercado de trabalho de grande parte dos trabalhadores brasileiros junta-se à introdução de novas tecnologias e à globalização.

Outra explicação de ordem histórica mais geral, ideológica, cultural e ética, peculiar à sociedade brasileira, é a pouca valorização do trabalho social e do trabalhador²⁹. Na sociedade brasileira, as elites dirigentes (empresários) e até os trabalhadores (sindicatos) incorporaram e mantêm o adicional de insalubridade. Isso, em última instância, significa que os trabalhadores terminam lutando para vender a sua saúde em vez de lutar para defender a sua vida. As atividades com radiação independem do tipo de radiação envolvida - a legislação brasileira (MTE) assegura também o pagamento do adicional de insalubridade ou periculosidade. Assim, observa-se que o trabalhador em busca de ganhos financeiros para a sua subsistência aceita este complemento de remuneração a título de adicionais, em troca de não reivindicar medidas eliminadoras das condições insalubres em seu ambiente de trabalho.

Finalmente, é interessante destacar que a legislação trabalhista atual ainda reforça no Brasil o pagamento desse tipo de adicional, contrariando al-

gumas recentes modificações orientadas para a prevenção dos riscos e a eliminação dos efeitos estocásticos e determinísticos.

Assim, muitas mudanças precisam ocorrer em relação ao uso das técnicas de radiodiagnóstico, nas medidas de controle ambiental e na preservação da saúde dos trabalhadores. Parece que os serviços de segurança e saúde dos hospitais, inclusive os dos hospitais universitários, poderiam ajudar bastante para que tais mudanças ocorressem.

Contudo, tais serviços dependem de mecanismos administrativos efetivos, que apoiem e cumpram rigorosamente as normas previstas na legislação.

6 CONCLUSÃO

Observam-se nos serviços de radiologia de São Paulo várias condições inadequadas de uso da fonte de radiação, relacionadas com os equipamentos de Raios X, os locais da sua utilização (salas) e os sistemas de proteção. Assim, é preciso refletir sobre os mecanismos administrativos e técnicos que possam colaborar no desenvolvimento de ações práticas e efetivas para melhorar as condições de trabalho.

Fica notório que a ausência de medidas de controle no ambiente, tanto de ordem técnica como administrativa, pode influenciar diretamente o nível de exposição às radiações, no caso dos Raios X, e produzir danos a saúde a longo prazo.

Na maioria dos equipamentos de Raios X ocorre a falta de manutenção periódica que permita relacionar diretamente a relação de dose do paciente com os níveis de radiação emitidos durante os procedimentos radiográficos. Isso resulta em doses de radiação consideráveis tanto para operadores quanto para indivíduos do público.

As ações preventivas representam economia efetiva em todos os sentidos em termos de custos - as manutenções corretivas representam razoável fatia do orçamento, devido à precariedade que encontramos nesses serviços, tanto em relação aos procedimentos adotados na obtenção de cada imagem radiográfica, como em relação aos serviços profissionais envolvidos, principalmente na rede pública, que atende a maioria da população.

Este estudo identificou que existe grande desconhecimento na maioria dos serviços radiológicos sobre os aspectos legislativos pertinentes às práti-

cas adequadas para a tomada de imagens radiográficas, os mecanismos de controle da exposição às radiações, e os procedimentos de monitoração ambiental que, aliados à falta de conhecimento sobre a radiação e suas propriedades, potencializam as exposições excessivas tanto para o público quanto para os trabalhadores.

A falta de conhecimento das normas de radioproteção nos serviços de radiologia constitui causa importante da alta frequência de adoção de práticas inadequadas, acidentes de trabalho e doenças profissionais. Nesse contexto, é preciso resguardar a saúde, uma vez que a situação de exposição ocupacional pode refletir, a médio e longo prazos, problemas de saúde devidos aos efeitos estocásticos, que se manifestam após alguns anos de exposição a baixos níveis de radiação ionizante.

Podemos concluir que os sistemas de controle da exposição à radiação ionizante, em particular os Raios X nos serviços de radiologia, ainda apresenta defasagem em relação às práticas recomendadas em nível internacional. O controle poderá ser efetivo se houver integração de trabalhadores, empregadores e governo em ações comuns voltadas para a prevenção de doenças e acidentes do trabalho.

Os princípios e as recomendações emanados de órgãos normativos podem colaborar no controle da exposição do público e de trabalhadores às radiações ionizantes. Os hospitais devem considerar a necessidade de promover programas de capacitação e divulgação desses princípios nas diversos níveis da estrutura da comunidade hospitalar.

Por outro lado, as instituições governamentais das áreas da saúde e do trabalho devem também promover a divulgação de conhecimentos e capacitação de profissionais para desenvolver ações de fiscalização. Para isso é necessário prover o CVS de recursos humanos e instrumentais para o exercício de suas atividades; assim como o MTE deve agir junto a empregadores e trabalhadores articulando as chamadas negociações coletivas, a fim de assegurar condições mínimas para a segurança no trabalho.

É fundamental a existência de um serviço de Saúde Ocupacional com equipe multidisciplinar para atuar de modo integrado dentro de um programa de Saúde Ocupacional, que estabeleça práticas adequadas de acordo com o preconizado pelos órgãos governamentais de normatização e fiscalização e considerando os conhecimentos científicos mais recentes.

Sugere-se que tal tipo de programa seja conduzido pelos SEMST, e que os profissionais colaborem para a prática constante das medidas de proteção radiológica.

Nos hospitais universitários esses programas devem ter uma dimensão

abrangente, envolvendo as disciplinas de ensino pertinentes à área, para que possam elaborar modelos de atuação em Saúde Ocupacional. Isso repercutirá de maneira mais ampla na formação de pessoal e na produção de conhecimentos que permitirá colaborar para a utilização de novas técnicas radiológicas e para a criação de normas e procedimentos que levem em conta o conhecimento dos efeitos determinísticos e estocásticos. Tal programa deve proporcionar avanços científicos na área de radiações ionizantes e, conseqüentemente, repercutir na área da Ciência Ambiental.

ANEXOS

ANEXO 1

PESQUISA SOBRE OS SERVIÇOS DE RADIOLOGIA DO ESTADO DE SÃO PAULO (Folha 1)

Identificação da instituição

1. Razão Social _____
2. Setor/Departamento _____
3. Endereço _____ 4. Nº _____
5. Bairro _____
6. CEP _____ 7. Cidade _____ 8. UF _____
9. Tel. _____ Ramal _____
10. Fax _____ 11. E-mail _____
12. Classificar a instituição conforme categoria a seguir:
 Municipal Estadual Federal Particular

Nome dos responsáveis pelo serviço

(Preencher com letra de fôrma)

13. Setor de Raios X _____
14. Formação _____
15. Proteção Radiológica _____
16. Formação _____

Monitoração individual

17. Quantos profissionais trabalham com radiação?
_____ Mulheres _____ Homens
18. Quantos desses profissionais são monitorados? _____
19. Qual o tipo de dosímetro utilizado?
 Filme TLD Outro
20. Existem estagiários no serviço de radiologia?
 Sim Não
21. Quem é o responsável pela monitoração individual dos estagiários?

22. Quando o tipo de trabalho requer o uso de avental plumbífero, o dosímetro é colocado:
- Sob o avental Sobre o avental Indistintamente
23. O dosímetro-padrão é guardado fora da área de exposição às radiações?
- Sim Não

Informações gerais

24. Indicar o tipo da câmara escura
- Seca (automática) Úmida (manual) Mista
25. Existe sistema de exaustão nas câmaras escuras?
- Sim Não
26. Existe contrato de manutenção para as processadoras?
- Sim Não
27. Existe câmara clara?
- Sim Não

Data ____/____/____

Informações prestadas por (letra de fôrma)

Para cada sala de exame deve ser utilizada uma folha.

(Folha 2)

Identificação da sala

1. Como a sala de exames é identificada na instituição?

2. Qual é o campo de aplicação do equipamento?
 Radiografia Mamografia Tomografia computadorizada
 Fluoroscopia Outra _____

Características técnicas do equipamento desta sala

3. Fabricante _____
4. Modelo _____
5. Que tipo de colimação é utilizado?
 Cilindro Cone Diafragma ajustável Não há
6. Qual a filtração indicada?
_____mmAl Não há
7. É realizada manutenção preventiva deste equipamento?
 Sim Não
8. Qual a periodicidade da manutenção?
 Semestral Anual Outra _____

Informações sobre a sala

9. Quais sinais de advertência existem na sala?
 Gráfico Luminoso Sonoro
10. A sala de comando é
 Cabine fechada Cabine semi-fechada Biombo
11. O técnico de radiologia, quando no console do aparelho:
tem visão clara do paciente? Sim Não
tem visão clara das portas da sala? Sim Não
tem fácil comunicação com o paciente? Sim Não
12. Quais os tipos de equipamento de proteção individual disponíveis na sala?
 Avental plumbífero Protetor de tireóide
 Óculos com lentes plumbíferas Luva plumbífera
 Protetor de gônadas

13. Os aventais plumbíferos possuem identificação de espessura?
 Sim Não

Fluoroscopia

14. Nesta sala realizam-se exames de fluoroscopia?
(Caso não realize, desconsidere as próximas perguntas)
 Sim Não
15. Existe sinal para avisar o radiologista sobre a duração da fluoroscopia?
 Sim Não
16. A fluoroscopia pode ser acionada continuamente por mais de 5 minutos?
 Sim Não
17. O aparelho é telecomandado?
 Sim Não

ANEXO 2

ENTREVISTA COM TÉCNICOS
DO SERVIÇO DE RADIOLOGIA

Nome/apelido _____

Idade _____ M F Estado civil _____

Pratica algum tipo de atividade esportiva?

Sim Não

Qual? _____

1. Há quanto tempo trabalha no Instituto de Radiologia?

2. Há quanto tempo trabalha com radiação ionizante (Raios X)?

3. Tem atividades em outros hospitais?

Sim Não

Com Raios X?

Sim Não

4. Tem o hábito de fumar?

Sim Não

5. Já participou de treinamento sobre proteção radiológica?

Sim Não

Quando? _____

6. Você acredita no dosímetro pessoal?

Sim Não

Porque _____

7. Você utiliza avental de chumbo?

Sim Não Às vezes

Porque _____

8. Você conhece todos os equipamentos de proteção individual, EPIs?

- Sim Não

Cite os que você conhece _____

9. Você realiza exames médicos (avaliação de sua saúde)?

- Sim Não

Caso afirmativo, você realiza os exames de radiologia por iniciativa própria ou solicitação do hospital? _____

Qual a periodicidade:

- Uma vez ao ano A cada semestre Não há periodicidade

Qual(is) o(s) exame(s) realizado(s)?

10. Você tem o hábito de limpar a mesa de Raios X após a utilização dos pacientes?

- Sim Não Às vezes

11. Você utiliza luvas quando vai posicionar pacientes com fraturas expostas na mesa de Raios X?

- Sim Não Às vezes

12. Quando você utiliza o avental de chumbo e também o dosímetro, em que posição você usa o dosímetro?

- Por dentro do avental Por fora do avental

13. Normalmente, quantas chapas de Raios X você utiliza por dia?

14. Como classifica, sob o ponto de vista de segurança do trabalho, o seu ambiente?

- Baixo risco Risco regular
 Alto risco Nenhum risco

15. Tem conhecimento das técnicas de produção de imagens radiográficas em

Radiografia Sim Não Não trabalha

Se sim, justifique _____

Mamografia Sim Não Não trabalha

Se sim, justifique _____

Tomografia Sim Não Não trabalha

Se sim, justifique _____

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ANNALS OF INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (1969). Radiosensitivity and spatial distribution of dose. (ICRP Publication 14). Pergamon Press / Oxford.
- 2 ANNALS OF INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (1970). Protection of the Patient in X-Ray diagnosis (ICRP Publication 16). Pergamon Press / Oxford.
- 3 ANNALS OF INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (1977). Recommendations of the International Commission on radiological protection. (ICRP Publication 26). Pergamon Press / Oxford.
- 4 ANNALS OF INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (1982). Protection of patient in diagnostic radiology. (ICRP Publication 34). Pergamon Press / Oxford.
- 5 ANNALS OF INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (1982). General principles of monitoring for radiation workers. (ICRP Publication 35). Pergamon Press / Oxford.
- 6 ANNALS OF INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (1985). Potentially dangerous radiological

- practices / Reduced doses to patients. (ICRP Publication 45). Pergamon Press / Oxford.
- 7 ANNALS OF INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (1990). Radiation Protection (ICRP Publication 60). Pergamon Press / Oxford.
 - 8 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1981). NBR 6977 Proteção Radiológica - Regras Básicas de Proteção contra Raios X para fins médicos. São Paulo.
 - 9 BITELLI, T. (1982). Dosimetria e Higiene das Radiações. São Paulo, Grêmio Politécnico.
 - 10 BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria da Secretaria de Vigilância Sanitária nº 453, de 1º de junho de 1998. Dispõe: Diretrizes de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico e Odontológico.
 - 11 BRASIL. Portaria n-º- 282 de 17 de novembro de 1982 - Serviço Nacional de Organização e Desenvolvimento de Serviços de Saúde. Dispõe: Normas e Padrões de Construções e Instalações de Serviços de Saúde. 2. ed. Brasília, Centro de Documentação do Ministério da Saúde, 1987. 133 p.
 - 12 BRASIL, MTE. Portaria 3393 de 17 / 12 /1987 - Dispõe sobre o pagamento do adicional de periculosidade para os trabalhadores que realizam atividade e operações perigosas com radiação ionizante.
 - 13 BRASIL. Segurança e Medicina do Trabalho: Lei 6514 de 22/12/1977, Normas Regulamentadoras (NR 7 e 9), aprovadas pela Portaria 3214 do Ministério do Trabalho de 8 de junho de 1978. 41. ed. São Paulo, Atlas. (Manuais de Legislação Atlas)
 - 14 CASNATI, E. (1974). Ionizing Radiation Metrology. Associazione Italiana Di Fisica Sanitaria e Protezione - AIFSPR. Centro de Radiazioni, p. 181-209.
 - 15 COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (1988). CNEN - NE-3.01/88 - NE. Diretrizes Básicas de Radioproteção. Rio de Janeiro.

- 16 COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (1994). Protección Radiológica en Radiologia-Diagnostica. 2. ed. Rio de Janeiro, UFRJ.
- 17 COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (1981). Radiation Protection / Patient Exposure to radiation in medical X-Ray diagnosis (EUR 7438). Munich - Neuherberg, 471 p.
- 18 DALTRO, T. F. L. (1994). Desenvolvimento de uma nova metodologia para o cálculo de dose em dosimetria fotográfica. São Paulo, 126 p. Dissertação de Mestrado - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo.
- 19 DEJOURS, C. (1995). A loucura no trabalho. Estudo de Psicopatologia do Trabalho. 5. ed. São Paulo, Cortez-Oboré , p. 22-36.
- 20 ICRP-73 (1997). Segundo Fórum sobre Implementação das Novas Recomendações Internacionais de Proteção Radiológica e Segurança, Rio de Janeiro.
- 21 INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES (1988). Noções básicas de radioproteção, São Paulo, 53 p.
- 22 JACOBI, W. (1975). The Concept of the effective dose - A proposal for the combination of organ doses. Radiol. and Environm. Biophys. 12. p. 101-9.
- 23 KEARE, B. E.,TIKHONOV K. B. (1975). Manual on Radiation Protection in Hospitals and General Practice X-Ray Diagnosis. WHO, vol. 3, Geneva.
- 24 KICKEN P J., (1995). Effectiveness of lead aprons in vascular radiology. Department of Radiology, University Hospital Maastricht, The Netherlands. p. 197- 9, 473-8.
- 25 LANGLAIS R. P, Risks from dental radiation (1995). J. Calif Dent Assoc. University of Texas Health Science Center at San Antonio, Department of Dental Diagnostic Science, USA. p. 33-4, 36-9.
- 26 MAHARAJ H. P. (1994). Safety considerations and recommendations for analytical X-Ray devices from a review of survey data. Department

of Health, Bureau of Radiation and Medical Devices, Ottawa, Ontario, Canada. p. 463-71.

- 27 MANUAL DE HIGIENE INDUSTRIAL (1991). Fundacion Mapfre Spain ed. Ramos S.A. p. 723-37.
- 28 MARX, K., ENGELS, F. (1993). A Ideologia Alemã, 9. ed. p. 39-53.
- 29 MEDRADO, M. F, JATENE, A. (1995). Saúde e Movimentos Sociais, cap. 2, ed. Edusp.
- 30 MEIER N. et al. (1995). Kotter L. Exposure of personnel in interventional radiology. Institut fur Klinische Radiologie, Westfalische Wilhelms - Universitat Munster. 1995 March p. 35-8, 152-5.
- 31 MESSING, K. (1990). Les radiations ionisantes en milieu de travail. Université du Quebec à Montréal, Montréal, (Qué), Canada. p. 64-7.
- 32 MONNIER, J. P. Diagnóstico radiológico. 2. ed. Aparecida, Masson. p. 1-38.
- 33 MORNEX, F. et al. (1995). Exposure of patients to radiation risk in common medical practice. Department of Radiotherapie, Centre Leon Berard, Lyon. Rev. Prat. 1995 March 15. p. 19-26.
- 34 NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS NCRP (1989). Report n-º- 102, Medical X-Ray, eletron and gamma-ray protection for energies up to 50 MeV
- 35 REVISTA PROTEÇÃO (1994). Controle Radiológico. Porto Alegre. p. 38-41.
- 36 SÃO PAULO (Estado). Portaria CVS/EXP - 2 , de 20 / 1/94 Centro de Vigilância Sanitária. Dispõe sobre a necessidade de apresentação de resultados do levantamento radiométrico e de testes de radiação de fuga em serviço de saúde que utilizam radiação ionizante.
- 37 SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Saúde. Resolução SS - 625 de 14 de dezembro de 1994. Norma Técnica que dispõe sobre o uso, posse e armazenamento de fontes de radiação, no âmbito do Estado de São Paulo. Diário Oficial do Estado, São Paulo, 15 dez. 1994. Seção 1, p. 13-6.

- 38 SÃO PAULO (Estado). Decreto nº-- 12342 de 27 de setembro de 1978. Código Sanitário, São Paulo, IMESP, 1982. p. 347-53.
- 39 SCAFF, L. A. M. (1997). Física da Radioterapia. São Paulo, Sarvier.
- 40 SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO (1993). Normas Regulamentadoras. São Paulo, Atlas.
- 41 SENAC-SP (1997). Segurança Aplicada às Instalações Hospitalares. São Paulo. capítulos 6 e 8. Ed. Senac - SP.
- 42 SÍLVIA, V. O., HELVÉCIO C. M. (1993). Notas do Curso Básico de Licenciamento e Fiscalização em Radiologia Médica e Odontológica. Rio de Janeiro, Instituto de Radioproteção e Dosimetria de Energia Nuclear. 104 p.
- 43 TAVISTOCK, Institute of Human Relations (1970). The Functioning of Organizations as Social Systems of defense against anxiety.
- 44 WORLD HEALTH ORGANIZATION (1982). Criteria Assurance in diagnostic radiology. WHO.

Sobre o livro

*Composto em Times 11/14
em pólen 85 g/m² (miolo)
e cartão supremo 250 g/m² (capa)
no formato 16x23 cm
pela GraphBox/Caran
Tiragem: 2.000
1ª Edição - 2002*

Equipe de realização

Coordenação Editorial

Elisabeth Rossi

Revisão de texto:

Beatriz de Freitas Moreira

Diagramação:

Ana Basaglia

Coordenação de Produção:

Liltan Queiroz

MINISTÉRIO
DO TRABALHO E EMPREGO



FUNDACENTRO
FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO
DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO

Rua Capote Valente, 710
São Paulo - SP
05409-002
Tel: 3066-6000