



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**Estudo de Parâmetros Radiométricos e Legislação sobre
Radioproteção em Equipamentos de Radiodiagnóstico**



Rodrigo Sanchez Giarola

Supervisor: Roberto Morato Fernandez

**BOTUCATU
2011**

Rodrigo Sanchez Giarola

**Estudo de Parâmetros Radiométricos e Legislação sobre
Radioproteção em Equipamentos de Radiodiagnóstico**

Monografia apresentada ao Instituto de
Biociências, Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,
Campus de Botucatu, para obtenção do
título de Bacharel em Física Médica.

Supervisor: Prof. Dr. Roberto Morato Fernandez

Botucatu

2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.

DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP

BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: *ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE*

Giarola, Rodrigo Sanchez.

Estudo de parâmetros radiométricos e legislação sobre radioproteção em equipamentos de radiodiagnóstico / Rodrigo Sanchez Giarola. - Botucatu, 2011

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado – Física Médica) – Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, 2011

Supervisor: Roberto Morato Fernandez.

Capes: 10501061

1. Diagnóstico radioscopio. 2. Controle de Qualidade. 3. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Brasil) - Normas.

Palavras-chave: Controle de Qualidade; Legislação de Radiodiagnóstico; Radiodiagnóstico.

DEDICATÓRIA

A toda minha família.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Luis Carlos Giarola e Maria Cecília Sanchez, e a minha irmã Carolina por todo o carinho, apoio, amizade e por sempre terem acreditado em mim.

À minha tia Pilar e aos meus avós que foram pessoas muito importantes na formação de meu caráter.

À Tailane que em todos os anos de faculdade foi minha parceira em tudo.

À todos meus amigos que considero uma família.

Ao pessoal da minha sala, especialmente aos meus amigos-irmãos: Éric Scolastici, Gustavo Mendes, Renato Doro e Thiago Pinto.

A todos os professores que tive no período de faculdade.

À empresa Nucleata Radiometria Ltda pela oportunidade.

Ao professor e amigo Dr. Marco Antônio Rodrigues Fernandes por ter me mostrado o que é ser um físico médico e ter me dado a chance de começar a sê-lo.

Ao professor e amigo Dr. Roberto Morato Fernandez por ter me supervisionado e ensinado muito do que aprendi em física.

Resumo:

O uso de radiações ionizantes (R.I.), nas mais variadas atividades tem aumentado nas últimas décadas. Com o avanço tecnológico, novos e sofisticados equipamentos emissores de R.I. tem surgido no cenário nacional, o que torna imperativo a difusão do conhecimento sobre os conceitos de proteção radiológica junto à comunidade em geral, e neste sentido, o curso de física médica desenvolve um importante papel, quer seja no aspecto informativo quanto formativo de cidadãos e profissionais críticos e politicamente corretos, que possam contribuir com as Políticas Públicas dos órgãos normatizadores e fiscalizadores das atividades de vigilância sanitária.

Conforme a legislação atual (Resolução SS-625 de 14/12/1994, da Secretaria de Estado da Saúde, e Portaria 453 de 01/06/1998 da Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde), todos os serviços que utilizam radiações ionizantes devem realizar testes de avaliação dos parâmetros radiométricos dos equipamentos emissores de R.I., sendo exigidos as medidas de Levantamento Radiométrico das instalações, o Teste de Radiação de Fuga do cabeçote emissor e a implementação de Programa de Garantia de Qualidade dos equipamentos e dos procedimentos radiológicos.

Este procedimento tem como objetivo principal a obtenção de imagens radiográficas com qualidade e a segurança de pacientes e profissionais, evitando a exposição desnecessária à radiação de pacientes e profissionais. A correta realização de procedimentos radiológicos além de reduzir a dose nos pacientes também promove significativa diminuição nos custos, por não haver necessidade da repetição dos exames.

No Brasil, conforme dados da Secretaria de Atenção à Saúde SAS/MS, atualmente existem instalados 4.469 mamógrafos, 25.930 aparelhos de raios-x médicos, 39.438 aparelhos de raios-x odontológicos e 2.924 tomógrafos. Todos estes equipamentos devem satisfazer as exigências da Portaria M.S. nº. 453 de 01/06/1998, no tocante às Diretrizes Básicas de Radioproteção.

O estágio de instrumentação realizado na empresa Nucleata Radiometria Ltda, teve como objetivo maior o aprofundamento dos conhecimentos teórico-práticos abordados nas disciplinas relacionadas com os conceitos de física radiológica. Essa empresa, especializada em serviços de física radiológica, consultoria e radiometria; esta sediada na cidade de Araçatuba-SP, e atua desde 1997 no ramo de controle de qualidade em equipamentos emissores de radiações ionizantes na área da saúde prestando serviços de radiometria e física radiológica; realizando

completa assessoria em controle de qualidade e em proteção radiológica, que tem por objetivo a adequação dos serviços de radiologia à Legislação Nacional pertinente.

As atividades de estágio foram desenvolvidas durante o período de 10 de dezembro de 2010 a 24 de março de 2011, com a revisão dos conceitos teóricos adquiridos no curso de física médica e o acompanhamento dos procedimentos de campo realizados junto às clínicas de radiologia médica, hospitais e consultórios odontológicos. Além das medidas experimentais dos parâmetros radiométricos, pudemos também aprender a elaborar os Relatórios Técnicos, que são documentos emitidos pelo físico responsável, necessários para a obtenção do alvará de funcionamento do serviço de radiologia junto às vigilâncias sanitárias regionais.

Essa experiência foi fundamental na associação do conhecimento adquirido durante o curso e a prática que engloba esses conhecimentos no dia a dia de uma empresa do ramo de física radiológica.

Sumário

1. Introdução.....	8
2. Metodologia.....	12
2.1 Levantamento radiométrico.....	14
2.2 Testes de controle de qualidade.....	16
2.2.1 Sistema de colimação e alinhamento do eixo central do feixe de raios-x.....	16
2.2.2 Exatidão e reprodutibilidade da tensão do tubo.....	17
2.2.3 Reprodutibilidade e linearidade da taxa de kerma no ar.....	17
2.2.4 Rendimento do tubo de raio-x.....	18
2.2.5 Exatidão e reprodutibilidade do tempo de exposição.....	19
2.2.6 Reprodutibilidade do controle automático de exposição (AEC)	20
2.2.7 Camada semi-redutora (CSR)	20
2.2.8 Ponto focal.....	21
2.2.9 Dose de entrada na pele.....	22
2.2.10 Alinhamento de grade.....	23
2.3 Teste de Radiação de fuga.....	24
3. Resultados e Discussão.....	25
4.Referências.....	27

1. INTRODUÇÃO

No dia 8 de novembro de 1895 o físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen descobriu os raios-x ao ver sua mão projetada numa tela durante um experimento; esse fato curioso o fez pesquisar sobre essa onda que atravessava corpos. Röntgen obteve então o mérito de ter “visto” aquilo que os outros “olharam”, mas não perceberam; também, por ter a habilidade e o esforço necessários para investigação desse fenômeno. A radiografia da mão de sua mulher foi obtida para a documentação de sua descoberta. O nome raio-x veio do fato de a radiação não ser visível, e essa descoberta valeu-lhe o prêmio Nobel de Física em 1901. ^[1]

Essa descoberta revolucionou o meio médico, iniciando o diagnóstico por imagem- era fantástico conseguir observar o interior do corpo humano sem ter que abri-lo, reduzindo assim o risco de infecções. Vale ressaltar que a penicilina foi descoberta no dia 15 de setembro de 1928, quase 30 anos após os raios-x, e que até então a morte por infecção era muito frequente. ^[2]

No Brasil a descoberta do raio-x foi noticiada pelo jornal “O Paíz”, de 14 de fevereiro de 1896, dois dias depois o “Jornal do Commercio” trazia informações recentes da descoberta. Pela primeira vez jornais davam tanto foco para novidades científicas. ^[3]

O primeiro aparelho de raio-x no Brasil -e primeiro da América Latina- era um Siemens rudimentar, que teve durante sua fabricação supervisão direta de Wilhelm Röntgen em 1897, foi importado pelo Dr. José Carlos Ferreira Pires, da cidade de Formiga - MG. O aparelho tinha bobinas Rhumkorff de 70 centímetros cada uma e tubos tipo Crookes. Como não havia eletricidade na cidade o aparelho inicialmente foi alimentado por baterias e pilhas Leclancher de 0,75 HP. Esse aparelho encontra-se hoje no Museu de Cirurgia de Chicago. ^[4]

A primeira chapa radiográfica desse aparelho foi realizada em 1898, foi de um corpo estranho na mão do então ministro Lauro Muller, um dos primeiros pacientes. Naquela época, uma chapa radiológica de tórax demorava cerca de 30 minutos de exposição e uma de crânio em torno de 45 minutos. Além da intensa radiação, o excesso de exposição não permitia que o paciente ficasse sem respirar, o que tornava impossível uma boa definição da imagem. ^[4]

A leitura da matéria publicada pelo JORNAL DO COMMERCIO revela a rapidez com que a nova descoberta foi apropriada pela medicina. Em questão de semanas, médicos passaram a enviar seus pacientes para serem radiografados em laboratórios especializados e em um laboratório de Chicago foram feitas mais de 1400 radiografias durante o ano de 1896. ^[5]

Essa rápida passagem da descoberta para a aplicação tecnológica é facilmente explicável, tendo-se em conta que o equipamento básico (do tubo de crookes para os tubos de coolidge) para a produção de raios-x era bastante conhecido pelos físicos experimentais, de fácil construção e relativamente barato. ^[6]

Assim, já em 12 de março de 1896, a revista NATURE publicava um anúncio de um fabricante de Edinburgo, Alemanha, que oferecia conjuntos completos para amadores e profissionais que desejassem produzir radiografias. O anúncio mencionava que um dos conjuntos permitia obter a sombra dos ossos da mão após longa exposição e outro conjunto, mais caro, obtinha-se a mesma imagem com uma exposição de 30 minutos. ^[5]

Thomas Alva Edison - o criador da lâmpada elétrica-, que também era empresário, desenvolveu o fluoroscópio; um aparelho que obtêm imagens de raios-x sobre uma tela fluorescente, ao invés de uma chapa fotográfica. Em 25 de março de 1896, Edison conseguiu a licença para a produção comercial do aparelho e pouco tempo depois criou o "Thomas A. Edison X-ray kit". Esse kit entrou no mercado e em maio de 1896 foi exibido em uma exposição promovida pela "Electric Light Association" em Nova Iorque e posteriormente no resto do país; durante essa exibição o público podia expor partes de seus corpos a radiação, e vê-los projetados na tela fluorescente. ^[5]

Claramente nesses primeiros contatos, os danos que a exposição aos raios-x poderia trazer à saúde eram desconhecidos. Logo, porém, se descobriria que essa radiação tem efeitos nocivos.

Os raios-x passaram a ser utilizados não apenas com finalidades de diagnóstico, uma prática que viria a se tornar corriqueira em medicina e odontologia, mas também terapêutica. Sessões de raios-x eram recomendadas para cancerosos, tuberculosos e pacientes com inflamações dolorosas. Em alguns casos, a prescrição parecia funcionar, ainda que ninguém soubesse como; mas em outras situações o tratamento causou efeitos piores que os da doença. ^[5]

Em dezembro de 1896 o médico vienense Leopold Freund, pioneiro no uso sistemático de raios-x para tratamentos, submeteu sua primeira paciente, uma menina de 5 anos, a duas horas diárias de exposição durante 16 dias, para a remoção de uma verruga com pelos de suas costas. Após 12 dias os pelos começaram a cair e toda a região ficou intensamente inflamada, levando um longo tempo para voltar ao normal. Após esta experiência o médico passou a limitar suas sessões a 10 minutos de exposição, comentando secamente que "o acidente estava pleno de ensinamentos". ^[5]

Um dos primeiros casos registrados de danos físicos causados por raios-x ocorreu com Clarence Dally, que era assistente de Edison. O inventor dedicava-se ao desenvolvimento de uma

lâmpada que funcionaria por meio da produção de raios-x dentro de um tubo de vidro recoberto por material luminescente, que passaria a brilhar quando atingido pela radiação. Clarence Dally, que fazia parte de um grupo de sopradores de vidro, já havia auxiliado na produção do fluoroscópio e trabalhava nesse novo projeto. ^[5]

"Eu comecei a fazer um número destas lâmpadas, mas logo percebi que os raios-x afetaram venenosamente o meu assistente, Mr. Dally, de tal forma que seu cabelo caiu e sua carne começou a ulcerar. Conclui então que não daria certo, e que este tipo de luz não seria muito popular, de modo que parei." Thomas Alva Edison. ^[5]

Apesar disso Dally continuou a trabalhar com raios-x até 1898. As ulcerações transformaram-se em câncer, e ele faleceu em 1904 com 39 anos de idade, tendo antes sido submetido a várias cirurgias, incluindo amputações dos membros superiores. ^[5]

Nos primórdios de sua utilização, os efeitos nocivos que são naturais às radiações ionizantes, foram multiplicados pela precariedade dos aparelhos, pela falta de proteção adequada e pelo total desconhecimento das doses que estavam sendo ministradas e dos seus efeitos. O controle do tempo, por exemplo, era realizado pelo próprio operador, já que as válvulas (1920) e os transistores (1950) ainda não tinham sido inventados. Uma coisa era conhecer a tecnologia da confecção de tubos de vácuo para a produção e investigação de raios-x em laboratórios de pesquisas físicas, atividade que já apresentava riscos, outra era a utilização desta tecnologia para a exposição deliberada de seres humanos à radiação. Além dos pacientes, radiologistas e fabricantes de aparelhos, também sofriam exposições exageradas e danosas. ^[5,7]

Ao final de 1896, 23 casos de danos severos causados por raios-x haviam sido registrados em revistas científicas. Mesmo assim, o entusiasmo pela nova tecnologia fez com que muitos atribuíssem os danos a outras causas (eletricidade, ozônio, equipamento defeituoso) que não aos próprios raios-x. Um físico americano, Elihu Thompson, propôs-se a investigar o assunto, tomando a si mesmo como cobaia. Tendo colocado a extremidade do dedo mindinho esquerdo a uma distância de aproximadamente 4 cm de um tubo de raios-x por meia hora, não observou efeitos imediatos. Após realizar esse experimento diariamente durante uma semana, o dedo tornou-se avermelhado, extremamente sensível, inchado, rígido e dolorido, tendo Thompson concluído que: "Evidentemente existe um ponto além do qual a exposição não pode continuar sem causar sérios problemas". ^[5]

Passadas mais algumas semanas, em carta a um colega, ele descreve um agravamento em sua condição: "Eu não proponho repetir o experimento...toda a epiderme se desprende da parte posterior e das laterais do dedo, enquanto o tecido, mesmo debaixo da unha, encontra-se embranquecido e provavelmente morto, pronto para cair...O ferimento é muito peculiar e eu

nunca vi algo parecido. Ele continuou a se desenvolver e espalhar sobre a superfície exposta por três semanas e não tenho certeza de que a doença atingiu seu limite. ".^[5]

A ampla divulgação do experimento de Thompson levou muitos radiologistas a se preocuparem de forma mais efetiva com a proteção, tanto de si próprios como de seus pacientes e funcionários, e as primeiras medidas neste sentido passaram a ser tomadas, tais como a utilização de escudos de chumbo e o uso de filtros e diagramas para limitar a intensidade e a área atingida pelo feixe. Em 1921, devido aos efeitos nocivos da radiação, foi fundado o *Comitê Britânico de Raios-x e Radioproteção*; cuja função era investigar métodos para redução de exposição a radiação-x. Em 1922, cerca de 100 médicos radiologistas foram considerados falecidos em consequência da exposição a elevadas doses de radiação.^[5,8]

Relacionar e avaliar um determinado efeito com a dose de radiação para o ser humano é muito difícil de ser feita, já que não podemos submeter o ser humano a um experimento para estudar os efeitos das radiações. Por este motivo, o que se sabe é decorrente de estudos exaustivos de grupos humanos que foram expostos a doses relativamente elevadas de radiação e também de extrapolações de resultados experimentais realizados com animais de laboratório.^[5]

Em 1928 foi criado o *International X-ray and Radium Protection*, por recomendação do 2º Congresso Internacional de Radiologia. Esse comitê passou a ser o atual *International Commission on Radiation Protection* (ICRP). A ICRP trabalha juntamente com outros órgãos governamentais, dentre eles a *International Commission on Radiation Units and Measurements* (ICRU), Organização Mundial da Saúde (OMS), Associação Internacional de Proteção Radiológica, *International Atomic Energy Agency* (IAEA) entre outros.^[9]

A ICRP, juntamente com a comunidade científica e órgãos governamentais, analisa os estudos, projetos e recomendações. As recomendações publicadas são dos anos de: 1959, 1964, 1966, 1977, 1990 e 2007. Essas divulgaram o sistema de proteção radiológica, cabendo a cada país a aplicação e utilização de suas recomendações. A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) é o órgão responsável no Brasil.^[9,10]

Conforme a legislação atual (resolução SS-625 de 14/12/1994, da Secretaria de Estado da Saúde, e Portaria 453 de 01/06/1998 da Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde), todos os serviços que utilizam radiações ionizantes devem realizar Levantamento Radiométrico em suas instalações, Teste de Radiação de Fuga em seus aparelhos de raios-x e implementar o Programa de Garantia de Qualidade nos serviços.^[12,13]

O objetivo principal deste conjunto normativo é que com a obtenção de imagens radiográficas com qualidade evita-se a exposição desnecessária à radiação de pacientes e profissionais. A correta realização de procedimentos radiológicos além de reduzir a dose nos

pacientes também promove significativa diminuição nos custos, devido principalmente a repetição de exames. ^[12,13]

A melhor relação custo-benefício para os pacientes e todos os profissionais da área pode ser obtida com programas efetivos de controle de qualidade. É recomendado: a monitoração do controle de qualidade dos equipamentos de raios-x, o posicionamento do paciente, a identificação do paciente na imagem, a limitação do feixe de raios-x, a proteção de órgãos radiosensíveis (sem comprometer a indicação do exame), as condições de exposição radiográfica (fatores que tem impacto na dose do paciente e qualidade da imagem: como filtração total, filtração inerente, voltagem, ponto focal, distancia fonte-filme e razão da grade), o sistema tela-filme, a densidade óptica adequada, as exposições radiográficas por exame, o processamento do filme e a análise de filmes (incluindo os rejeitados). ^[11]

Hoje, no Brasil, segundo dados da Secretaria de Atenção à Saúde- SAS/MS, existem 4.469 mamógrafos, 25.930 aparelhos de raios-x médicos, 39.438 aparelhos de raios-x odontológicos e 2.924 tomógrafos; e infelizmente ainda não há uma conscientização da importância do controle de qualidade em grande parte dos locais onde estão esses equipamentos. ^[14]

O Programa de Controle de Qualidade (PGQ) visa reduzir a dose- princípio do “as low as reasonably achievable” (ALARA), para níveis de exposição- e melhorar a qualidade da imagem; dessa forma, diminuem-se os gastos com filmes rejeitados, com técnicas imprecisas e a necessidade de mais tempo para realização de um novo exame. Esse processo é conhecido por 3D: diagnostic, dose and dollar. ^[15,16]

Durante o período do estágio de instrumentação o objetivo foi interligar todos os estudos com o dia-a-dia de uma empresa que presta esse serviço.

2. METODOLOGIA

O estágio de instrumentação foi realizado na empresa Nucleata Radiometria- Serviços de Física Radiológica, Consultoria e Radiometria; da cidade de Araçatuba-SP. A Nucleata é uma empresa especializada em controle de qualidade em equipamentos emissores de radiações ionizantes nas áreas da saúde prestando serviços de radiometria e física radiológica; realizando completa assessoria em controle de qualidade e em proteção radiológica, que tem por objetivo a adequação dos serviços de radiologia à Portaria do Ministério da Saúde.

Durante o período do estágio- 10 de dezembro de 2010 a 24 de março de 2011- foram realizados levantamentos radiométricos, testes de fuga, planos de radioproteção e programa de

garantia de qualidade. Essa experiência foi fundamental na associação do conhecimento adquirido durante o curso e a prática que engloba esses conhecimentos no dia a dia de uma empresa.

Durante o estágio realizou-se o controle de proteção radiológica em vinte e dois consultórios odontológicos, cinco consultórios médicos, na Santa Casa de Birigui, na Santa Casa de Penápolis, no Hospital da Unimed de Araçatuba e de Penápolis.

Os testes radiométricos, exigidos pela ANVISA, consistem em:

Levantamento radiométrico

Testes que determinam os níveis de radiações transmitidos nas áreas vizinhas às salas de exames.

Programa de Garantia de Qualidade

Testes de verificação do desempenho e controle de parâmetros técnicos de funcionamento dos aparelhos emissores de radiação visando à obtenção de imagens radiográficas de boa qualidade e que permitam o diagnóstico correto.

Teste de Radiação de fuga

Testes que determinam o nível de radiação de fuga através da cúpula de proteção do tubo de raio-x.

Projetos de Blindagem

Cálculos físicos que determinam corretamente a blindagem de cada parede do consultório médico-odontológico, evitando a construção de barreiras insuficientes ou custos desnecessários com blindagens super dimensionadas.

Plano de Radioproteção

Documentos exigidos pela vigilância sanitária que contém informações sobre a estrutura física da sala de exames, a blindagem da sala, os aparelhos emissores de radiação, as técnicas de exames, os equipamentos de proteção individual e instruções aos trabalhadores ocupacionalmente expostos.

A descrição do levantamento radiométrico, do programa de garantia de qualidade e do teste de radiação de fuga para aparelhos de raios-x médicos e odontológicos constam do manual de “Radiodiagnóstico Médico- Segurança e Desempenho de Equipamentos” da Anvisa-MS. Estes procedimentos foram realizados durante todos os testes realizados pela empresa e são descritos a seguir:

2.1. Levantamento radiométrico

Tem como objetivo verificar se a dose equivalente a que os trabalhadores e público estão expostos está de acordo com as restrições estabelecidas na legislação. Tem frequência mínima de quatro anos; sendo obrigatório na instalação do equipamento, e excepcionalmente, após reformas estruturais, modificações ou alterações na sala. Os instrumentos requeridos para este teste são: monitor de área com tempo de resposta adequado e devidamente calibrado com sensibilidade de 0,01 nGy e volume sensível de 180cc, objeto espalhador com dimensões aproximadas às do abdômen de um adulto típico e trena.

Metodologia para levantamento radiométrico: Deve-se desenhar o croqui da sala de raios-x (na escala de 1 para 50), representar e identificar o tubo de raios-x, o painel de comando, os biombos, as portas, as janelas, a mesa de exame e bucky vertical. Selecionar os pontos de interesse para medições e registrar os pontos selecionados.

Parâmetros de operação: Selecionar a maior tensão no tubo (kilovolt pico ou kVp) adotado nos exames de rotina e registra-se o valor nominal. A seguir, selecionar o tempo de exposição (t) e a corrente anódica (I) adequados ao tempo de resposta do monitor escolhido, sempre evitando atingir a carga máxima do equipamento. Registrar os parâmetros selecionados, escolher o maior tamanho de campo permitido e selecionar o modo de detecção a ser utilizado.

Para barreiras primárias: direcionar o feixe de raios X para a barreira primária a ser avaliada e colocar o objeto espalhador na posição que seria ocupada pelo paciente, deve-se utilizar distância foco-filme representativa dos exames com esse posicionamento. Então se posiciona o monitor no primeiro ponto de medida, atrás da barreira primária, realiza-se uma exposição e registra a leitura do monitor. Repete-se esse o procedimento para outro(s) ponto(s) de interesse e para as outras barreiras primárias.

Para barreiras secundárias; radiação espalhada e de fuga: Colocar o objeto espalhador na posição do paciente. Posicionar o tubo de raios-x sobre o objeto espalhador, com a distância foco-filme mais utilizada na rotina e selecionar o maior campo de radiação permitido. A seguir, posiciona-se o monitor no primeiro ponto de medição, atrás da barreira secundária; realiza-se uma exposição e registra-se a leitura do monitor.

Deve-ser repetir para os demais pontos de interesse. Finalmente, repete-se para as demais barreiras secundárias. Quando se julga necessário, pode-se repetir o procedimento, selecionando outros possíveis posicionamentos de pacientes, para uma ou mais barreiras secundárias.

Cálculos:

Deve-se definir o fator de uso (U) para cada barreira primária, de acordo com a fração da carga de trabalho em que o feixe primário é dirigido a essa barreira. Também, deve-se definir fator de ocupação (T) a partir de estimativa, da fração de permanência do indivíduo que fica maior tempo na área ao longo do ano.

Então para se determinar a carga de trabalho máxima semanal (W), entrevista-se o técnico, e a partir do número aproximado de pacientes por dia e dos parâmetros operacionais mais utilizados; corrigem-se as leituras fornecidas pelo monitor levando-se em conta o tempo de resposta, o fator de calibração para o feixe atenuado e as condições ambientais de temperatura e pressão.

Finalmente, converte-se os valores obtidos para unidades de dose externa (mSv) ou de taxa de dose externa (mSv/h), usando o fator multiplicativo correspondente à unidade de medida do monitor, de acordo com a tabela 1.

Tabela 1: Fatores multiplicativos.

exposição (mR)	x 0,01	= dose externa (mSv)
dose absorvida no ar (mrad)	x 0,0114	
kerma no ar (mGy)	x 1,14	
equivalente de dose ambiente	x 1	

Para obter os valores em mSv/mA.min: $(\text{mSv/h}) / [60 (\text{min/h}) \times I (\text{mA})]$.

Multiplica-se então por $[W (\text{mAmin/sem}) \times U \times T]$, para obter a taxa de dose externa em semanas (mSv/sem) e para um ano (mSv/ano) multiplica-se o resultado por 50 semanas/ano.

Registrar o valor encontrado.

Tabela 2: Quadro de ocupação.

Ocupação	Local	T
Integral	Consultório, recepção, vestiário, circulação interna.	1
Parcial	Sala de espera, vestiário, circulação interna.	1/4
Eventual	Circulação externa, banheiros, escadas.	1/16
Rara	Jardins cercados, casa de máquinas.	1/32

A tabela 2 apresenta valores de (T) que poderão ser adotados na ausência de dados mais realistas.

Tabela 3: níveis de Restrição de Dose (Portaria MS/SVS no 453/98).

Localização	Restrição de Dose Semanal	Restrição de Dose Anual
Área controlada	0,10 mSv/sem	5,0 mSv/ano
Área livre	0,01 mSv/sem	0,5 mSv/ano

2.2. Testes de controle de qualidade

2.2.1 Sistema de colimação e alinhamento do eixo central do feixe de raios-x.

Tem como objetivo avaliar os desvios entre o campo luminoso e o campo de radiação, e avaliar, também, o alinhamento do eixo central do feixe de raios X. A frequência mínima para esse teste é semestral e excepcionalmente após reparos. Os instrumentos requeridos para o teste são: dispositivo para teste de tamanho de campo, dispositivo para teste de alinhamento do feixe, chassi com écran, filme radiográfico e trena.

Verifica-se o nivelamento do aparelho; o ponto focal deve estar a 1m da mesa ou suporte, posiciona-se o chassi carregado sobre a mesa ou suporte. Posiciona-se o dispositivo para teste de tamanho de campo sobre o chassi. Então, abre-se o colimador, ajustando o campo luminoso ao campo do dispositivo de teste de tamanho de campo. Posiciona-se o cilindro no centro do dispositivo para teste de tamanho de campo e expõe o conjunto usando aproximadamente 40 kVp e 3 mAs. Sem mover o conjunto, abre-se o colimador para que o campo luminoso seja maior que o anterior e repete-se a exposição com os mesmos parâmetros. Após o procedimento, revela-se o filme.

Alinhamento do eixo central: Tem por objetivo verificar a localização da imagem da esfera do topo do cilindro; se a imagem estiver dentro do primeiro círculo, a inclinação é $< 1,5^\circ$, se a imagem estiver entre o primeiro e o segundo círculo, a inclinação é $< 3^\circ$. O ângulo de inclinação em relação ao eixo central do feixe deve ser $< 3^\circ$.

Coincidência do campo luminoso com o campo de radiação: Objetiva-se medir a maior distância entre as bordas do campo luminoso e do campo de radiação. A diferença entre as

bordas do campo de radiação e as bordas do campo luminoso não deve exceder 2% da distância entre o ponto focal e a mesa.

2.2.2 Exatidão e reprodutibilidade da tensão do tubo

Avaliar a exatidão e a reprodutibilidade da tensão do tubo de raios X. A frequência mínima para o teste é anual e excepcionalmente após reparos. Os instrumentos requeridos para o teste são: medidor de kVp de leitura direta e calibrado, com incerteza máxima de 2% e trena.

Deve-se posicionar o medidor de kVp sobre a mesa, alinhado com o tubo de raios-x, ajustar a distância foco-medidor e abrir o campo de luz, afim de cobrir toda a área sensível do medidor. Então se escolhe quatro valores de kVp e três valores de mA mais utilizados clinicamente; enquanto esses são os números recomendados pelo manual, na empresa usam-se 6 ou mais valores tanto para kVp quanto para mA. Faz-se uma série de quatro exposições para cada combinação de kVp com mA e se anotam-se os valores.

Cálculos:

-Cálculo para Exatidão:

$$d(\%) = 100 \cdot \frac{kVp_{nom} - kVp_{médio}}{kVp_{nom}}$$

Equação 1: cálculo de exatidão.

Com a média das leituras de tensão obtida, determina-se o desvio padrão; esse deve estar dentro de $\pm 10\%$.

-Cálculo para Reprodutibilidade:

$$R(\%) = 100 \cdot \frac{kVp_{máx} - kVp_{mín}}{(kVp_{máx} + kVp_{mín}) / 2}$$

Equação 2: cálculo de reprodutibilidade.

A reprodutibilidade deve ser $\leq 10\%$ para ser aceita.

2.2.3 Reprodutibilidade e linearidade da taxa de kerma no ar

Avaliar a linearidade e a constância da taxa de kerma no ar. A frequência mínima do teste é anual, e excepcionalmente após reparos. Os instrumentos requeridos para o teste são: câmara de ionização e eletrômetro e trena.

Escolhem-se três valores distintos de corrente e um valor fixo de tempo, selecionando-se o kVp que é usado clinicamente. Anota-se a distância foco-detector utilizada e se posiciona a

câmara de ionização sobre a mesa; alinhada. Ajusta-se o tamanho e o centro do campo de luz, de forma a cobrir o volume sensível da câmara. Quatro exposições devem ser feitas para o primeiro valor de mAs selecionado e se repete o processo para os demais valores de mAs selecionados.

Cálculos:

-Cálculo para Reprodutibilidade:

$$R(\%) = 100 \cdot \frac{L_{m\acute{a}x} - L_{m\acute{i}n}}{(L_{m\acute{a}x} + L_{m\acute{i}n}) / 2}$$

Equação 3: cálculo de reprodutibilidade.

Para cada valor de mAs, escolher o valor máximo ($L_{m\acute{a}x}$) e o valor mínimo ($L_{m\acute{i}n}$) e calcular a reprodutibilidade.

A reprodutibilidade deve ser $\leq 10\%$ para ser aceita.

-Cálculo para Linearidade:

Calcular o valor médio das leituras obtidas ($L_{m\acute{e}dio}$), para cada valor de mAs.

$$R(\%) = 100 \cdot \frac{L_{m\acute{a}x} - L_{m\acute{i}n}}{(L_{m\acute{a}x} + L_{m\acute{i}n}) / 2}$$

Equação 4: cálculo de linearidade.

Dividi-se o valor médio calculado, pelo mAs correspondente ($R = L_{m\acute{e}dio}/mAs$).

A linearidade deve ser $\leq 20\%$ para ser aceita.

2.2.4 Rendimento do tubo de raio-x

Tem como objetivo avaliar o rendimento do tubo de raios-x. A frequência mínima para o teste é anual e excepcionalmente após reparos. Os instrumentos requeridos para o teste são: câmara de ionização, eletrômetro e trena.

Seleciona-se um valor de tensão igual a 80 kVp (medido, não o nominal). Escolhe-se um valor de mAs e se ajusta a distância foco-detector para 1m; em seguida se posiciona a câmara de ionização sobre a mesa, alinhada com o tubo. Ajusta-se o tamanho e o centro do campo de luz, de forma a cobrir o volume sensível da câmara e se faz quatro exposições.

Cálculo:

$$R \text{ (mGy/mA min)} = \frac{0,876 \cdot \bar{L} \cdot f_{(P,T)} \cdot 0,01 \cdot 60}{I \cdot t}$$

Equação 5: cálculo de rendimento.

Onde,

$\bar{L}$ = média das leituras em mR.
 $f_{(P,T)}$ = fator de correção para pressão e temperatura.
 t = tempo de exposição em segundos.
 I = corrente em mA.

Se o kVp, o mAs e a camada semi-redutora estiverem corretos, o valor do rendimento (R) será considerado linha de base para os testes futuros.

2.2.5 Exatidão e reprodutibilidade do tempo de exposição

Avaliar a exatidão e a reprodutibilidade do tempo de exposição. A frequência mínima para o teste é anual e excepcionalmente após reparos. Os instrumentos requeridos para o teste são: medidor de tempo de exposição; com incerteza máxima de 2%.

Definem-se seis valores de tempo (clínicos). Posiciona-se o instrumento de medida sobre a mesa e, a seguir, seleciona-se o kVP e o mAs normalmente utilizados. Fazem-se então quatro exposições para cada valor de tempo definido.

Cálculos:

-Cálculo para Reprodutibilidade:

$$R(\%) = 100 \cdot \frac{t_{\max} - t_{\min}}{(t_{\max} + t_{\min}) / 2}$$

Equação 6: cálculo de reprodutibilidade.

A reprodutibilidade deve ser $\leq 10\%$.

-Cálculo para Exatidão:

$$d(\%) = 100 \cdot \frac{t_{\text{nom}} - t_{\text{medio}}}{t_{\text{nom}}}$$

Equação 7: cálculo de exatidão.

A exatidão deve estar dentro de $\pm 10\%$.

2.2.6 Reprodutibilidade do controle automático de exposição (AEC)

Avaliar a constância do sistema de controle automático de exposição. A frequência mínima para o teste é anual e excepcionalmente após reparos. Os instrumentos requeridos para o teste são: câmara de ionização, eletrômetro e fantoma de cobre com espessura de 1,5 mm ou de outro material, com atenuação equivalente (p.ex.: 15 cm de PMMA ou 3 cm de alumínio) e trena.

Seleciona-se um valor de kVp normalmente utilizado na rotina. Posiciona-se o fantoma sobre a mesa, de modo a cobrir o sensor do sistema automático de exposição e deve-se posicionar o tubo de raios X a uma distância fixa, após isso fazer quatro exposições e anotar os valores de leituras obtidos.

Cálculo:

Cálculo para Reprodutibilidade:

$$R(\%) = 100 \cdot \frac{L_{\max} - L_{\min}}{(L_{\max} + L_{\min}) / 2}$$

Equação 8: cálculo de reprodutibilidade.

A reprodutibilidade deve ser $\leq 10\%$.

2.2.7 Camada semi-redutora (CSR)

Esse teste tem como objetivo verificar a qualidade do feixe de raios-x. A frequência mínima para o teste é anual e excepcionalmente após reparos. Os instrumentos requeridos para o teste são: câmara de ionização, eletrômetro, suporte para câmara de ionização, lâminas de alumínio com pureza de 99,0% e espessuras variáveis de 0,1 mm a 2,0 mm.

Seleciona-se um valor de tensão igual a 80 kVp (medido) e um valor de 20 a 40 mAs, então, posiciona-se a câmara de ionização dentro do campo de radiação, centralizada em relação ao feixe de raios X, tal que a distância foco-detector seja de 60 cm. Realizam-se três exposições e anotam-se os valores das leituras. Devem-se realizar novas exposições adicionando atenuadores de 0,5 mm ou de 1,0 mm a meia distância entre a câmara de ionização e o detector, até obter uma leitura de exposição inferior à metade do valor inicial. Anotam-se todos os valores das leituras, retiram-se todas as lâminas de alumínio e faz-se uma exposição; anota-se o valor da leitura. Caso o valor seja discrepante em relação aos obtidos, repetir o procedimento.

Cálculos:

$$CSR = \frac{x_b \ln\left(2 \frac{L_a}{L_0}\right) - x_a \ln\left(2 \frac{L_b}{L_0}\right)}{\ln\left(\frac{L_a}{L_b}\right)}$$

Equação 9: cálculo de camada semi-redutora.

onde:

L_a = leitura de exposição imediatamente superior a $L_0/2$.

L_b = leitura de exposição imediatamente inferior a $L_0/2$.

x_a = espessura de Al correspondente à leitura L_a .

x_b = espessura de Al correspondente à leitura L_b .

Deve-se comparar o valor da camada semi-redutora a tabela 8.

Tabela 8: Valores mínimos da CSR em função da fase e tensão do tubo

Tensão de Pico (kVp)	CSR (mmAl)	
	monofásico	trifásico
70	2,1	2,3
80	2,3	2,6
90	2,5	3,0
100	2,7	3,2
110	3,0	3,5
120	3,2	3,9
130	3,5	4,1

2.2.8 Ponto focal

O objetivo desse teste é avaliar as dimensões do ponto focal. A frequência mínima para o teste é anual e excepcionalmente após reparos. Os instrumentos requeridos para o teste são: padrão de barras, suporte para o padrão de barras, chassi sem écran, ou envelope para filme, marcadores de chumbo, nível de bolha, trena e lupa.

Posiciona-se o chassi carregado sobre a mesa e o suporte com o padrão de barras sobre o chassi. Alinhar-se o padrão de barras com a cúpula e ajusta-se a distância foco-filme, de acordo com o fabricante. O colimador deve ser ajustado de forma que o padrão de barras esteja totalmente dentro do campo de raios-x. Seleciona-se um dos focos e realiza uma exposição utilizando a técnica radiográfica recomendada pelo fabricante do padrão de barras. Repete-se o procedimento para o outro foco e processam-se os filmes.

Para a análise deve-se procurar na imagem de cada ponto focal o menor grupo, no qual todas as barras possam ser resolvidas. Obtêm-se o valor do ponto focal medido, utilizando a tabela do fabricante do padrão de barras. Os valores encontrados para os pontos focais devem estar dentro dos limites recomendados pela NEMA (National Electrical Manufacturers Association):

Tabela 9: Máximas dimensões recomendadas pela NEMA.

Tamanho nominal do Ponto Focal	Máximas dimensões recomendadas	
	Largura (mm)	Comprimento (mm)
0,10	0,15	0,15
0,15	0,23	0,23
0,20	0,30	0,30
0,30	0,45	0,65
0,40	0,60	0,85
0,50	0,75	1,10
0,60	0,90	1,30
0,70	1,10	1,50
0,80	1,20	1,60
0,90	1,30	1,80
1,00	1,40	2,00

2.2.9 Dose de entrada na pele

O objetivo desse teste é estimar a dose de entrada na pele representativa dos exames praticados no serviço. A frequência mínima para o teste é bienal e excepcionalmente após reparos. Os instrumentos requeridos para o teste são: câmara de ionização, eletrômetro e trena.

Devem ser solicitados ao técnico os parâmetros radiográficos (kVp, mA, tempo, mAs, filtro adicional, tamanho de campo, ponto focal, distância foco-filme). Posiciona-se a câmara de ionização acima da mesa ou do suporte, alinhando a câmara de ionização com a cúpula. Seleciona-se um tamanho de campo de referência, de forma a cobrir a área sensível da câmara de ionização. Realizam-se quatro exposições, para cada uma das projeções descritas anteriormente, utilizando as técnicas radiográficas fornecidas. Determina-se então o valor da camada semi-redutora para cada tensão utilizada nos exames. Lembrando que: $\text{kerma no ar (mGy)} = \text{exposição (mR)} \times 0,0087$.

Calcula-se com esses dados a dose de entrada na pele (*DEP*):

$$DEP = k_{ar} \cdot BSF \cdot k_{P,T} \cdot F_c$$

Equação 10: Determinar dose de entrada na pele.

onde:

k_{ar} = leitura do kerma no ar.

BSF = fator de retro-espalhamento na água para a geometria e qualidade da radiação.

k_{PT} = fator de correção para a temperatura e pressão.

F_c = fator de calibração da câmara de ionização para a qualidade do feixe.

Comparam-se, então, os valores obtidos com os níveis de referência apresentados na tabela 10.

Tabela 10: Máximas DEP recomendadas.

Exame		DEP (mGy)
Coluna Lombar	AP	10
	LAT	30
	JLS	40
Abdômen	AP	10
Tórax	PA	0,4
	LAT	1,5
Crânio	AP	5
	LAT	3

2.2.10 Alinhamento de grade

O objetivo desse teste é determinar a correta instalação da grade anti-espalhamento, verificando o seu alinhamento. A frequência mínima para o teste é semestral e excepcionalmente após reparos. Os instrumentos requeridos para o teste são: dispositivo para verificação do alinhamento de grade, trena, nível de bolha, filme e densitômetro óptico.

Deve-se centralizar o tubo de raios X em relação ao receptor de imagem, já com o filme. A seguir, coloca-se o tubo na distância de focalização da grade a ser testada. Posiciona-se o dispositivo de teste em cima da mesa, conforme recomendação do fabricante. Centraliza-se o furo central do dispositivo com o campo luminoso (os furos que formam uma seta devem apontar para frente da mesa); então, colima-se o feixe para obter um campo quadrado, pouco menor que

o comprimento do dispositivo. Colocam-se os blocos de chumbo em cima dos demais furos, de forma que apenas o furo central fique descoberto. Seleciona-se uma técnica de acordo com as sugestões dos protocolos de medição. Sem mexer o dispositivo, mudam-se os blocos de chumbo de forma que apenas o último furo de cada lado, em relação ao centro, fique coberto. Irradia-se com as mesmas técnicas já selecionadas e retiram-se os blocos de chumbo; irradiando pela última vez. Revela-se o filme e faz-se as leituras com o densitômetro. Finalmente, se verifica se a imagem do furo central possui densidade óptica entre 1 e 2. Caso esteja fora deste intervalo, repete-se o teste.

Para a análise, após as leituras das densidades ópticas, fazer as anotações no filme de acordo com a figura 1:

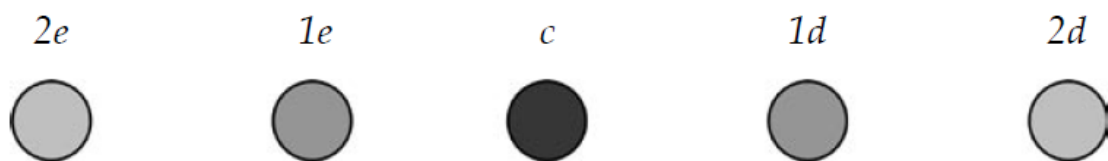


Figura 1: esquema de anotação para teste do alinhamento de grade.

Cálculos:

-Calculam-se as diferenças abaixo e anotam-se os resultados.

$$\rightarrow (c - 1e).$$

$$\rightarrow (c - 2e).$$

$$\rightarrow (c - 1d).$$

$$\rightarrow (c - 2d).$$

A grade é considerada alinhada quando:

$$(c - 1e) = (c - 1d)$$

$$(c - 2e) = (c - 2d)$$

Essas diferenças devem ser menores que 10% para o teste ser aprovado.

2.3 Teste de Radiação de fuga:

Tem como objetivo verificar se os níveis de radiação de fuga detectados a 1m do ponto focal estão de acordo com as restrições estabelecidas na legislação. A frequência mínima para o procedimento é na instalação do equipamento e a cada quatro anos, e excepcionalmente, após modificações ou reformas na cúpula do equipamento ou troca do tubo de raios-x. Os instrumentos necessários para o procedimento são: monitor de radiação e câmara de ionização de

100 cm² de área sensível, sem dimensões lineares superiores a 10cm, com tempo de resposta adequado e devidamente calibrados, placas de chumbo (uma camada deci-redutora), trena e tripé.

Fecha-se o colimador do equipamento e o cobre o com a placa de chumbo, escolhe-se uma técnica de operação que forneça o maior kVp e a maior corrente anódica possíveis para operação do tubo em regime contínuo (fluoroscopia); a câmara de ionização deve operar no modo taxa. Posiciona-se o detector a 1 m do ponto da cúpula que será avaliado e realiza-se uma leitura, repete-se para vários outros pontos em volta da cúpula.

Cálculos:

Para uma leitura em modo de taxa deve-se ter:

$$R = \frac{L \cdot I_{m\acute{a}x}}{I}$$

Equação 11: Radiação de fuga.

onde:

R = taxa de kerma corrigida para a corrente máxima de funcionamento contínuo.

L = taxa de kerma na corrente selecionada.

$I_{m\acute{a}x}$ = corrente máxima de funcionamento contínuo.

I = corrente selecionada.

Comparam-se então os valores obtidos com os níveis de radiação de fuga estabelecidos na legislação- tabela 11. Deve-se então registrar a conformidade com os níveis de radiação de fuga em cada ponto avaliado.

Tabela 11: Níveis de radiação de fuga (Portaria MS/SVS nº 453/98).

Tipo de equipamento	Limite
Radiologia médica	1,0 mGy/h a 1 m do ponto focal
Radiologia odontológica	0,25 mGy/h a 1 mdo ponto focal (intra-oral)
	1,0 mGy/h a 1 m do ponto focal (demais)

3. Resultados e Discussão

Durante o estágio de instrumentação seguiu-se os procedimentos descritos na metodologia; sempre cuidando para que todos os testes fossem bem executados, e na dúvida de algum resultado, realizou-se o procedimento novamente. Ao final dos procedimentos, guiando-se pelo manual de Radioproteção da CNEN- Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica, CNEN-NN-3.01, de janeiro de 2005- colou-se nas portas de acesso ao local onde está instalado o equipamento emissor de radiação ionizante um adesivo com o símbolo internacional da radiação

ionizante, seguindo os parâmetros preconizados. Para todos os procedimentos realizados observou-se todos os requisitos, responsabilidades, registros ocupacionais e disposições transitórias citados nesse manual.

Todos os testes de controle de qualidade e de levantamento radiológico foram aplicados em conformidade com a legislação atual: Resolução SS-625 de 14/12/1994, da Secretaria de Estado da Saúde, e Portaria 453 de 01/06/1998 da Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. Em todos os serviços que utilizam radiações ionizantes atendidos foram realizados levantamentos radiométricos de suas instalações, teste de radiação de fuga em seus aparelhos de raios-x e implementado o programa de garantia de qualidade. Seguem anexados, como exemplo de todos os laudos feitos, dois modelos de relatórios processados pela empresa, o primeiro é um relatório médico (anexo 1) e o segundo um relatório odontológico (anexo 2). O anexo 3 é referente ao trabalho apresentado no 18º International Conference on Medical Physics.

O estágio nesta empresa foi adequado por ter possibilitado a aplicação de conhecimentos teóricos adquiridos no curso, e a repetição da aplicação dos procedimentos de instrumentação nos serviços visitados possibilitou um melhor conhecimento e aprofundamento da prática diária desta área em física médica. Propiciou, também, conhecimentos práticos da legislação e de normatização das radiações ionizantes, que apropriadas na prática melhoram o aprendizado.

4. Referências

1. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Física e cultura, Raios-X [Internet]. Rio de Janeiro: Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas; 2011 [acesso 27 mar 2011]. Disponível em: <http://www.cbpf.br/FISCUL/>
2. Mundo Educação [Internet]. A descoberta da penicilina [acesso 14 abr 2011]. Disponível em: <http://www.mundoeducacao.com.br/biologia/a-descoberta-penicilina.htm>
3. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas Físicas. Descoberta dos Raios-X [Internet]. Rio de Janeiro: Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas; 2011 [acesso 27 mar 2011]. Disponível em: <http://www.cbpf.br/FISCUL/descobertaRX.html>
4. Imaginologia [Internet]. História no Brasil [acesso 4 fev 2011]. Disponível em: <http://www.imaginologia.com.br/extra/upload%20historia/Dr-Jose-Carlos-Ferreira-Pires.pdf>
5. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Efeitos biológicos [Internet]. Rio de Janeiro: Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas; 2011 [acesso 27 mar 2011]. Disponível em: <http://www.cbpf.br/FISCUL/efeitos.html>
6. Ensino de Física On-line [Internet]. Raios-X [acesso 17 abr 2011]. Disponível em: <http://efisica.if.usp.br/moderna/raios-x/raios-x/>
7. Duriez Y, et al. Production of X-rays – Applications to medical Radiography. Madison: University of Wisconsin; 1978.
8. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Diretrizes básicas de proteção radiológica. Rio de Janeiro: CNEN; 2005.
9. International Commission on Radiological Protection. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Oxford: Pergamon Press; 1990. ICRP publication, 60.

10. Wrixon AD. New ICRP recommendations. J Radiol Prot. 2008;28:162-3.
11. International Quality Regulations. Radiographic film reading. 2nd ed. New Jersey: Smartlight Educational Grant; 1999.
12. Secretaria do Estado de São Paulo. Resolução SS-625, de 14 de Dezembro de 1994. Aprova Norma Técnica que dispõe sobre o uso, posse e armazenamento de fontes de radiação ionizante, no âmbito do Estado de São Paulo. Diário Oficial. 14 dez 1994. Seq.1, p. 13-5.
13. Ministério da Saúde. Portaria 453, de 01 de junho de 1998. Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as diretrizes básicas de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico, dispõe sobre o uso dos raios-x diagnósticos em todo território nacional e dá outras providências [Internet]. Brasília: ANVISA; 2003 [acesso 26 maio 2011]. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/453_98.htm.
14. Secretaria de Atenção à saúde [Internet]. Indicadores [acesso 26 abr 2011]. Disponível em: http://cnes.datasus.gov.br/Mod_Ind_Equipamento.asp?VEstado=00
15. Navarro MVT, Leite HJD, Alexandrino JC, Costa EA. Control of health risks in radiodiagnosis: a historic approach. Hist Ciênc Saúde-Manguinhos. 2008;15(4):1039-47.
16. Interactive Learning Paradigms Incorporated [Internet]. ALARA [acesso 2 ago 2011]. Disponível em: <http://www.ilpi.com/msds/ref/alara.html>

RADIOLOGIA MÉDICA

1 - LEVANTAMENTO RADIOMÉTRICO

(Laudo Anterior: Relatório nº: 3906/09-RXM de 05/06/2008).

Vencimento: Junho de 2013.

2 - TESTE DE FUGA

(Laudo Anterior: Relatório nº: 3521/08-RXM de 05/06/2008).

Vencimento: Junho de 2012.

3 - PLANO DE RADIOPROTEÇÃO

4 - PROGRAMA DE GARANTIA DE QUALIDADE

Vencimento: Novembro de 2011.

Equipamento: Aparelho de Raios X para **Exames de Radiodiagnóstico.**

Fabricante : EQUIMEX.

Modelo : PW 600.

Proprietário : **PREFEITURA MUNICIPAL DE ARAÇATUBA.**

Pronto Socorro Municipal de Araçatuba.

Responsável: **Dr. Luiz Antonio Riani.**

Médico – CRM/SP n.º: 49.241 .

Endereço : Rua Dona Ida, 1350.

Santana – Araçatuba – SP.

Fone (0xx18) 3631-1160.

CEP : 16.055-505.

Data da Perícia: 13 de Novembro de 2010.

NUCLEATA - Radiometria Ltda - ME
Rua Oscar Rodrigues Alves, 720 – Vila Mendonça
Araçatuba – SP – CEP : 16015-030
Fone/Fax: (0xx18) 3624-3513 / 3608-2532
Site: www.cetea.com.br/nucleata – email : nucleata@cetea.com.br

Í N D I C E

Item	Descriminação	Página
1	Objetivo	3
2	Especificação do Equipamento	3
2.a	Características Gerais	3
2.b	Composição	3
2.c	Técnicas Radiográficas	3
3	Plano de Radioproteção	4
	Proteção ao Paciente	5
	Proteção do Operador e Equipe	6
	Proteção do Público	6
4	Programa de Garantia de Qualidade (PGQ)	7
5.a	Teste de Controle de Qualidade do Equipamento de Raios-X	7
5.b	Controle de Procedimentos	10
6	Conclusões sobre o PGQ	11

1) Objetivo:

O objetivo desta perícia é proporcionar requisitos de radioproteção e segurança, no sentido de garantir o controle dos níveis de exposição de pessoas do público e trabalhadores, às radiações ionizantes, especificados por lei : Portaria CVS/EXP-2, de 20/01/94, Resolução SS625 de 14/12/94, CV3 de 02/06/97 - Secretaria da Saúde do Estado de São Paulo; Portaria 453 de 01/06/98 da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde e Resolução-RE n.º: 64 de 04/04/03 da ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

2) Especificação do Equipamento:

2.a) Características Gerais :

Tipo : Aparelho de Raios-X para **exames de radiodiagnóstico** .

Marca : EQUIMEX.

Modelo : PW 600.

Série / data da compra : sem etiqueta e identificação.

Patrimônio: 25720

Kilovoltagem máxima do tubo : 125 kVp.

Corrente máxima no tubo : 50 a 600 mA.

Tempo máximo de exposição : 0,02 segundos a 5,0 segundos.

2.b) Composição :

Tubo de raios X , painel de comando e controle da técnica radiográfica, coluna com braço extensível, bucky, base e suporte com transformador.

2.c) Técnicas Radiográficas:

As técnicas radiográficas empregadas dependem da região anatômica a ser radiografada, algumas das técnicas mais utilizadas estão ilustradas abaixo.

Projeção Radiográfica		Técnica		
		KV	mA	s
Coluna Lombar	AP	74	300	1,40
	LT	82	400	1,60
	JLS	76	300	1,40
ABDÔMEN	AP	70	300	1,20
TÓRAX	PA	68	200	0,10
	LAT	78	300	0,80
TÓRAX CRIANÇA		58	200	0,08
CRÂNIO	AP	74	300	0,70
	LAT	70	300	0,70
MÃO		40	100	0,10
JOELHO		60	100	0,10

PLANO DE RADIOPROTEÇÃO – RADIOLOGIA MÉDICA

O Plano de Radioproteção de um Serviço de Radiologia Médica deverá conter:

a) croquis da sala de exames em escala 1:50 com a localização de portas, janelas, mobiliário e equipamentos de raios X e com identificação das vizinhanças laterais, superior e inferior;
Ver relatório anterior nº: 3521/08-RXM emitido em 05/06/2008.

b) croquis do veículo para o caso de unidades móveis.
Não se aplica ao caso.

c) descrição do tipo de ocupação das seis ou mais vizinhanças da sala;
Ver relatório anterior nº: 3521/08-RXM emitido em 05/06/2008.

d) descrição técnica da natureza e espessura dos materiais usados nas paredes, piso, teto, portas e janelas, bem como dos revestimentos usados;
Ver relatório anterior nº: 3521/08-RXM emitido em 05/06/2008.

e) descrição técnica dos equipamentos de raios X: tensão e corrente elétrica máximas, filtros, colimadores e disparadores;
Ver relatório anterior nº: 3521/08-RXM emitido em 05/06/2008.

f) descrição do dispositivo de segurança que interrompe o feixe quando se abre a porta, para unidades fixas e serviços de hemodinâmica;
Na porta de entrada da sala de exame **não há dispositivo de segurança** que interrompa a emissão de radiação quando da abertura da porta.

g) descrição técnica dos equipamentos de proteção individual: aventais, luvas, protetores e biombo plumbíferos;
Na sala de exames existem os seguintes equipamentos de proteção individual:
1 avental de chumbo, 1 luva plumbífera.

h) descrição sumária das técnicas de exames mais freqüentes e previsão do número mensal de exames;
Ver relatório anterior nº: 3521/08-RXM emitido em 05/06/2008.

i) lista dos trabalhadores, ocupacionalmente expostos, com suas funções, qualificações e treinamentos especificados;

Nome	Função	Treinamentos Específicos
Dr. Luiz Antonio Riani.	Médico Radiologista	CRM/SP nº: 49.241.
Gilmar Biu de Farias	Técnico em Radiologia	CRTR 5º Região nº: 15.979.
Célia Cristina de Freitas	Técnica em Radiologia	CRTR 5º Região nº: 16.646.
José Ricardo Martins	Técnico em Radiologia	CRTR 5º Região nº: 14.908.
Gladston César Coleta	Técnico em Radiologia	CRTR 5º Região nº: 18.419.
Carlos Roberto Caetano Junior	Técnico em Radiologia	CRTR 5º Região nº: 22281T.
Benedito Insfran Santana	Técnico em Radiologia	CRTR 5º Região nº: 22925T.

j) cópia das instruções a serem fornecidas por escrito aos trabalhadores ocupacionalmente expostos, visando a execução das atividades em condições de segurança;
Ver Anexo A

l) resultados de levantamento radiométrico, como descrito nessa Norma Técnica;

Ver relatório anterior nº: 3521/08-RXM emitido em 05/06/2008.

m) resultados das medidas de radiação de fuga ou vazamento, como descrito nesta Norma Técnica.

Ver relatório anterior nº: 3521/08-RXM emitido em 05/06/2008.

ANEXO A

Cópia das instruções a serem fornecidas por escrito aos trabalhadores ocupacionalmente expostos, visando a execução das atividades em condições de segurança:

Todo trabalhador ocupacionalmente exposto deve ter em mente que as três formas mais eficientes de proteção aos efeitos determinísticos e estocásticos provocados pela exposição à radiação ionizante são : DISTÂNCIA - TEMPO - BARREIRA. Desta forma, deve-se, quando da realização de um exame de raios X, posicionar-se à uma distância quanto maior possível do tubo de raios X, durante o menor tempo possível e utilizar-se de barreiras protetoras quando possível.

Equipamentos radiográficos podem ser utilizados somente sob a direção e supervisão do médico responsável que possui adequado treinamento em proteção radiológica e em técnicas radiográficas. É responsabilidade do médico garantir que todos os membros da equipe envolvidos em atividades com radiação ionizante (procedimentos radiográficos) recebam instruções sobre os riscos radiológicos ao seu trabalho e treinamento em medidas de proteção radiológica apropriadas.

Todo equipamento de raios X deve ser mantido em condições adequadas de funcionamento e ser submetido a verificações de desempenho regularmente. Atenção particular deve ser dada para equipamentos antigos. Qualquer deterioração na qualidade das radiografias deve ser imediatamente investigada e o problema corrigido.

Para segurança contra choques elétricos e proteção dos componentes eletrônicos, todos os componentes do aparelho de raios X deverão estar aterrados.

Todas as medidas de proteção radiológica relativas ao paciente, aos profissionais e ao público e de controle de qualidade devem ser observadas.

Proteção do operador e da equipe:

O operador ou qualquer membro da equipe não devem ficar na direção do feixe primário nem segurar o cabeçote ou o localizador durante as exposições.

Nenhum elemento da equipe deve segurar o filme durante a exposição.

O operador deve ficar atrás de uma barreira protetora com uma espessura de, pelo menos, 0,5 mm equivalente de chumbo

Caso seja necessária a presença de pessoas para assistir uma criança ou um paciente debilitado, elas devem evitar localizar-se na direção do feixe direto e estar usando avental plumbífero.

No caso das fluoroscopias, o nível de radiação pode ser significativamente alto, particularmente no caso de radiologia intervencionista, onde a equipe fica próxima ao paciente e ao tubo de raios-X, nestes casos equipamentos de proteção individual (EPI's) especiais devem ser usados.

Devem ser feitos registros sobre as doses recebidas pelos profissionais. Dosímetros (monitores) pessoais devem ser usados continuamente por todo o pessoal envolvido com as exposições. Os dosímetros devem ser utilizados no tronco. A troca dos dosímetros deve ser feita mensalmente. Se as doses registradas forem inferiores ao nível de registro durante o primeiro ano, então o intervalo de troca dos dosímetros poderá ser aumentado. Em caso de mulheres grávidas, o monitor deve ser utilizado sobre o abdômen e trocado mensalmente.

O IRD/CNEN (Instituto de Radioproteção e Dosimetria da Comissão Nacional de Energia Nuclear) recomenda a utilização do dosímetro sob o avental plumbífero, de modo que a dose anual possa ser contabilizada a partir dos resultados da monitoração mensal.

Em casos onde as extremidades ou porções da pele podem receber doses significativas, recomenda-se o uso complementar de um ou mais dosímetros. Quando a dose no cristalino for significativa, em relação ao limite determinístico (150 mSv/ano), a avaliação pode ser feita através de um dosímetro colocado na testa. As doses estimadas desta forma poderão indicar a necessidade de novas medidas de proteção (por exemplo, protetores especiais para os olhos), e ou modificar as práticas de trabalho.

O objetivo principal da monitoração é certificar que as exposições dos trabalhadores estão sendo mantidas baixas, além de garantir que as restrições de dose não sejam ultrapassadas.

Apenas pessoas cuja presença seja essencial ao exame radiográfico devem permanecer na sala de exame durante as exposições.

Uma sala de raios X não deve ser utilizada simultaneamente para mais que um exame radiológico.

O processamento do filme deve ser realizado com bastante atenção, garantindo total qualidade em todas as etapas e na câmara escura. Prefere-se filmes mais rápidos (velocidade E) em conformidade com a qualidade da imagem a se obter e seguindo as recomendações do fabricante.

Nunca deve-se usar de tempos maiores de exposição para reduzir o tempo de revelação.

Proteção ao paciente:

Todas as radiografias devem ser clinicamente justificadas e as doses mantidas tão baixas quanto razoavelmente exequível, de acordo com os requisitos apresentados nas Diretrizes Básicas da CNEN.

As radiografias devem fornecer a maior quantidade de informação diagnóstica possível. Repetir exposições por causa de técnica inadequada ou processamento incorreto é indesculpável.

Cuidados adicionais devem ser tomados com mulheres que estão ou podem estar grávidas, evitando-se o quanto possível as exposições no abdômen.

O feixe deve ser limitado ao mínimo necessário para cobrir a área em exame, os órgãos que não interessam ao estudo e que por ventura estejam sendo atingidos pelo campo de radiação devem ser colimados.

As gônadas devem ser blindadas quando estiverem dentro do feixe primário ou a menos de 5 cm do mesmo, sempre que essa blindagem não exclua ou prejudique informações diagnósticas importantes.

O resultado para cada exame deve ser avaliado antes da realização do próximo exame, evitando-se, assim, exames desnecessários.

Proteção do público.

O feixe útil não deve ser direcionado para portas ou janelas ou piso de madeira atrás dos quais possam estar pessoas. O feixe deve ser restrito a certas direções e, nestas localizações, deve existir material absorvedor com espessura adequada (tijolo, concreto ou chumbo - biombo de 50x50cm revestido com 1,0 mm de chumbo), de modo a proteger as pessoas trabalhando ou morando nas áreas adjacentes.

O acesso à sala onde exista aparelho de raios X deve ser limitado durante os procedimentos radiográficos.

Nos serviços especializados em radiologia odontológica, deve existir sinalização na(s) entrada(s), com a indicação “RAIOS-X” - ENTRADA RESTRITA”.

PROGRAMA DE GARANTIA DE QUALIDADE

Objetivo:

O Programa de Garantia de Qualidade em radiologia médica visa à obtenção de imagens de boa qualidade que permitam diagnóstico correto, com redução da dose ao paciente e diminuição do custo, devido principalmente à repetição de exames.

O Programa de Garantia de Qualidade em radiologia médica deverá compreender a execução do controle de qualidade dos equipamentos de raios X e do controle de procedimentos.

Controle de qualidade dos equipamentos de raios X:

Testes de Controle de Qualidade.

Equipamentos utilizados:

- 1 - Detector ThinX RAD, fabricado pela Unfors, número de série 30000992, certificado de calibração nº: 30000992 – 100330 de 30/03/2010.
- 2 - Cronômetro de Raios-X, fabricado pela M.R.A. Indústria de Equipamentos 2 - Eletrônicos Ltda, modelo MRA CQ-03, número de série 03-132; certificado de calibração emitido pelo IEE – Instituto de Eletrotécnica e Energia nº: 59208 de 30/06/05.
- 3 - DIGIT kVp METER III, marca VICTOREEN, modelo 07-494, número de série 409, calibrado em 12/08/2005, certificado nº: 59476 emitido pelo IEE – Instituto de Eletrotécnica e Energia.
- 4 - Câmara de Ionização marca RADCAL CORPORATION, modelo 20x6-6; número de série: 30899. Calibração em 04/08/2010 no IPEN – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares; Certificado de Calibração nº: 0351/2010;
- 5 - Câmara de Ionização marca RADCAL CORPORATION, modelo 20x6-180, número de série: 31110. Calibração em 04/08/2010 no IPEN – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares; Certificado de calibração nº:0351/2010.
- 6 - Eletrômetro, marca RADCAL CORPORATION, modelo 2026C RADIATION MONITOR, número de série: 26-0838; calibrado em 04/08/2010 no IPEN – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares; Certificado de Calibração nº: 0351/2010.
- 7 - Kit de placas de alumínio (ALUMINUM SET), marca VICTOREEN, modelo 07-430.
- 8 - Dispositivo para teste de alinhamento de feixe CQ-09 fabricado pela M.R.A. Indústria de Equipamentos Eletrônicos Ltda.
- 9 - Dispositivo para teste de colimador CQ-12 fabricado pela M.R.A. Indústria de Equipamentos Eletrônicos Ltda.
- 10 - Dispositivo para medir Ponto Focal CQ-06 fabricado pela M.R.A. Indústria de Equipamentos Eletrônicos Ltda.
- 11 - Dispositivo para avaliar o contato entre o ecran-filme CQ-10 fabricado pela M.R.A. Indústria de Equipamentos Eletrônicos Ltda.

1) Sistema de Colimação e Alinhamento do Eixo Central do Feixe de Raios X:

Os dispositivos CQ-12 e CQ-09 foram colocados sobre um chassi com filme e écran, foi realizado uma exposição com 44 kV, 3,5 mAs. A distância do foco ao filme foi fixada em 100,0 cm.

Sistema de Colimação:

A imagem conseguida na revelação do filme apresentou um campo de radiação retangular. As diferenças entre as bordas do campo de radiação e as bordas do campo luminoso foram: lado esquerdo = 1,0 cm (1,0%), lado direito = 0,5 cm (0,5%), lado inferior = 0,2 cm (0,2%), lado superior = 0,4 cm (0,4%).

Alinhamento do Eixo Central do Feixe de Raios X:

A imagem da esfera do topo do cilindro projetou-se dentro do 1º círculo (distância entre as imagens das esferas = 0,3cm), representando uma inclinação < 1,0°.

OBS: o colimador encontra-se semi-solto, necessário melhor fixação do mesmo

2) Exatidão e Reprodutibilidade da Tensão do Tubo e Medida da Camada Semi-Redutora:

Medida	tensão	corren	tempo	M e d i d a s d o k V				Média	Desvio	D pad	Coef Var	Reprod	CSR
	kV	mA	s	1ª	2ª	3ª	4ª	kV	%	σ	CV	%	mmAl
1	50	40	0,4	49,5	49,5	50,0	51,0	50,00	-0,3	0,707	0,014	0,03	1,6
2	60	40	0,4	61,5	62,0	62,0	62,5	62,00	-3,3	0,408	0,007	0,02	1,9
3	70	40	0,4	71,5	72,0	72,5	73,0	72,25	-3,2	0,645	0,009	0,02	2,1
4	80	40	0,4	81,0	81,0	81,5	82,0	81,38	-1,7	0,479	0,006	0,01	2,5
5	90	40	0,4	95,5	96,0	96,5	96,5	96,13	-6,8	0,479	0,005	0,01	2,8
6	100	40	0,4	105,0	105,0	106,0	106,0	105,50	-5,5	0,577	0,005	0,01	3,0

3) Exatidão e reprodutibilidade do tempo de exposição:

Técnica utilizada: 80 kV e 100 mA.

Medida	tempo	Leituras (Segundos)				Média	D pad	Reprod	Exatid
	s	1ª	2ª	3ª	4ª		σ	CV	d %
1	0,100	0,087	0,091	0,092	0,094	0,091	0,0029	0,0324	9,00
2	0,250	0,221	0,225	0,227	0,230	0,226	0,0038	0,0167	9,70
3	0,400	0,387	0,388	0,390	0,393	0,390	0,0026	0,0068	2,63
4	0,600	0,578	0,580	0,580	0,580	0,580	0,0010	0,0017	3,42
5	0,700	0,670	0,677	0,680	0,681	0,677	0,0050	0,0073	3,29
6	1,000	0,987	0,988	0,988	0,989	0,988	0,0008	0,0008	1,20

4) Reprodutibilidade e Linearidade da Taxa de Kerma no Ar / Dose de Entrada na Pele / Rendimento do Tubo de Raios-X, Camada semi-redutora:

Medida	tempo	KVp	mA	Média	Rep	D pad	Coef Var	Taxa de Dose	Kerma	Rend	CSR	Localização
	s			[mGy]	%	σ	CV	[mGy/s]	[mGy/mAs]		mmAl	
1	0,25	65	100,0	0,875	3,43	0,0129	0,0148	3,89	0,035	2,100	1,9	Col Lombar AP
2	0,7	75	100,0	3,125	0,96	0,0129	0,0041	4,58	0,045	2,679	2,2	Col Lombar LAT
3	0,25	60	100,0	0,625	0,48	0,0013	0,0020	2,82	0,025	1,499	1,8	Abdomen AP
4	0,1	60	100,0	0,252	3,58	0,0042	0,0168	2,83	0,025	1,512	1,8	Tórax PA
5	0,25	65	100,0	0,857	0,58	0,0022	0,0026	3,88	0,034	2,057	1,9	Tórax LAT
6	0,400	550	100,0	0,814	1,96	0,0072	0,0088	2,09	0,020	1,220	1,7	Tórax Criança
7	0,25	60	100,0	0,623	0,80	0,0022	0,0035	2,80	0,025	1,495	1,8	Crânio AP

Dose = média de 4 medidas consecutivas

Rep = Reprodutibilidade (%)

Rend = Rendimento [mGy/mA.min]

Linearidade: Técnica: 80 kV, 100 mA

Medida	tempo	Dose [mGy]				Média [mGy]	Reprod %	D pad σ	Coef Var CV	Kerma [mGy/mAs]
		1	2	3	4					
1	0,250	1,230	1,240	1,240	1,250	1,240	1,61	0,0082	0,0066	0,050
2	0,400	2,120	2,130	2,140	2,150	2,135	1,41	0,0129	0,0060	0,053
3	0,600	3,230	3,250	3,260	3,270	3,253	1,23	0,0171	0,0053	0,054
4	0,700	3,630	3,640	3,650	3,660	3,645	0,82	0,0129	0,0035	0,052
5	1,000	5,440	5,450	5,460	5,460	5,453	0,37	0,0096	0,0018	0,055
6	0,250	1,230	1,240	1,240	1,250	1,240	1,61	0,0082	0,0066	0,050

Desvio de Linearidade = - **9,46%**.

5) Ponto Focal:

O dispositivo foi colocado sobre um chassi de filme sem ecran, a distância do foco ao filme (DFF) foi de 61,3 cm, fêz-se uma exposição com 80 kV, 50 mA e 0,20 s (10,0 mAs).

Conforme inspeção visual, o menor grupo de pares de fendas resolvido é o grupo 6, o que, segundo a tabela no manual de instruções do dispositivo, implica que a dimensão maior do ponto focal efetivo é de 1,2 mm.

6) Contato Tela-Filme:

Utilizado o dispositivo para avaliar o contato entre o ecran-filme CQ-10 fabricado pela M.R.A. Indústria de Equipamentos Eletrônicos Ltda.

O dispositivo foi colocado sobre cada um dos chassis com filme, utilizou-se a distância foco-chassi de 1,0 m, e fez-se uma exposição, para cada chassi com o colimador aberto, utilizando a técnica de 40 kV, 100 mA e 0,1 s.

Chassi	Tamanho	Observações	Chassi	Tamanho	Observações
1	13,0x18,0cm	boa resolução	6	24,0x30,0cm	boa resolução
2	13,0x18,0cm	boa resolução	7	35,0x35,0cm	Manchas laterais
3	18,0x24,0cm	boa resolução	8	30,0x40,0cm	boa resolução
4	24,0x30,0cm	Manchas laterais	9	35,0x43,0cm	algumas manchas
5	24,0x30,0cm	boa resolução	10	15,0x40,0cm	boa resolução

*Recomenda-se a limpeza do ecran dos chassis que apresentaram manchas.

As imagens reveladas dos chassis mostraram que os de números 4, 7 e 9 apresentaram algumas manchas que podem ser por falta de limpeza ou entrada de luz pelas bordas; já o restante deles está em condições razoáveis de utilização, com boa resolução da rede de metal na tela e homogênea em toda a extensão do campo de radiação

7) Teste de integridade dos acessórios plumbíferos:

Utilizado uma Câmara de Ionização (Ion Chamber Survey Meter), marca RADCAL CORPORATION, modelo 20x6-180, número de série: 31110; e um eletrômetro, marca RADCAL CORPORATION, modelo 2026C RADIATION MONITOR, número de série: 26-0838; calibrado em 04/08/2010 no IPEN – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares; Certificado de calibração nº: 0351/2010.

Medida com o monitor a 1,0 m do ponto focal (feixe direto)

= 212,5 R.

Medida com o monitor e o avental a 1,0 m do ponto focal

= 28,0 mR.

As medidas foram obtidas com o monitor no modo de operação integrado, foram feitas duas exposições seguidas para cada situação, com a técnica de 80 kV, 200 mA e 0,5 s cada.

OBS: Os acessórios plumbíferos possuem blindagem adequada à radiação ionizante.

RESUMO DOS TESTES DOS PARÂMETROS FÍSICOS DO EQUIPAMENTO:

Teste	SATISFATÓRIO
Sistema de Colimação e Alinhamento do Eixo Central do Feixe de Raios X	sim
Exatidão e Reprodutibilidade da Tensão do Tubo	sim
Reprodutibilidade da Taxa de Kerma no Ar:	sim
Rendimento do Tubo de Raios X	sim
Exatidão e Reprodutibilidade do Tempo de Exposição	sim
Camada Semi-redutora do Feixe de Raios X	sim
Ponto Focal	sim
Contato Tela Filme	sim
Dose de Entrada na Pele (DEP)	sim
Integridade dos Acessórios Plumbíferos	sim

OBSERVAÇÕES SOBRE O CONTROLE DOS PROCEDIMENTOS:

Componentes	SITUAÇÃO
Câmara de revelação	adequada
Negatoscópio	adequada
Soluções utilizadas para a revelação e a fixação	dentro da validade
Filmes utilizados	dentro da validade
Tempos de revelação e fixação	adequados
Livro de registro das radiografias	Dado orientação
Análise do índice de rejeição de radiografias	Dado orientação

Araçatuba, 20 de Novembro de 2010.

Prof. Dr. Marco Antônio Rodrigues Fernandes. Físico Responsável ABFM nº: 778 – CNEN nº: FT-00094	Dr. Luiz Antônio Riani. Médico Radiologista CRM/SP nº: 49.241.
---	---