

Estudos sobre as condições de risco a que os profissionais da área de radiologia médica estão sujeitos

Sérgio Ricardo Lourenço

Coordenador de curso de Engenharia de Produção Mecânica – Uninove. São Caetano do Sul – SP [Brasil]
slourenco@uninove.br

Thadeu Alfredo Farias Silva

Professor na Pós-Graduação do curso de Engenharia de Segurança do Trabalho – Uninove. São Bernardo do Campo – SP [Brasil]
thadeu_afs@yahoo.com.br

Silvério Catureba da Silva Filho

Professor do curso de Engenharia Mecânica – Uninove. São Paulo – SP [Brasil]
silverioesf@yahoo.com.br

A utilização da radiação ionizante apresenta acentuado crescimento em razão dos avanços tecnológicos em prol da humanidade, embora esses avanços nem sempre venham seguidos de normas ou treinamento para segurança das pessoas que estão expostas ou trabalham com essa fonte de energia. Este trabalho aborda a radiação ionizante e seus limites de exposição, baseando-se nas Normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen); na Portaria nº 453, da Anvisa, de 1º de junho de 1988, e na nova Norma Regulamentadora nº 32, que detalham os limites máximos anuais a que os indivíduos podem ser submetidos durante sua jornada de trabalho, relacionando os danos causados aos órgãos que ficam expostos a essa radiação e as doenças que podem ser desenvolvidas caso esse limite não seja respeitado. Essas doenças podem ficar restritas ao indivíduo que recebeu as referidas doses ou ser transmitidas para seus descendentes. Neste trabalho, discute-se a necessidade de utilização dos equipamentos de proteção individual e coletiva durante, o período laboral, para manter a integridade física do indivíduo que trabalha em radiologia médica.

Palavras-chave: Equipamentos de proteção.
Radiologia. Segurança.



1 Introdução

Em razão da necessidade de procurar por uma melhor colocação no mercado de trabalho, várias pessoas buscam, nos cursos técnicos, uma oportunidade para melhorar sua qualidade de vida.

Durante visita a um hospital da Grande São Paulo, verificou-se, durante o período laboral, que os técnicos em radiologia encontram-se em condições de risco por causa da exposição aleatória aos agentes de risco pelo não-cumprimento das normas relativas à segurança do trabalho na área de radiologia. Percebeu-se que os técnicos não possuíam os conhecimentos necessários para identificar os riscos inerentes à atividade e se proteger, e preocupavam-se somente com o bem-estar dos pacientes, o que os levava a negligenciar, de forma consciente ou inconsciente, as práticas seguras dos procedimentos laborais. Constatou-se também que a prática de atos inseguros durante o expediente pode ser eliminada com a adoção de condutas pautadas na ação prevencionista.

Outro problema observado relaciona-se à quantidade insuficiente de equipamentos de proteção individual para o desempenho seguro da atividade laboral, garantindo, assim, a proteção necessária ao técnico contra os riscos referentes à exposição às radiações ionizantes, conforme preconiza a legislação vigente para os estabelecimentos de saúde que utilizam aparelhos de raios X para fins diagnósticos. Na prática, o número de equipamentos de segurança individual tende a ser menor do que o número de técnicos existentes.

A observação teve como propósito revelar as condições relativas ao trabalho dos profissionais da área de radiologia médica. Crê-se que este estudo contribui, de forma positiva, para a realização salutar dos serviços de radioproteção, com procedimentos corretos. Dessa forma,

o profissional da área poderá desenvolver seu ofício sem pôr em risco sua integridade física e a do paciente.

O objetivo desta análise é propor um sistema de trabalho aos profissionais expostos aos raios X, para que possam desempenhar suas funções dentro das normas específicas e obter maior conhecimento não só sobre os riscos da radiação ionizante, mas também a respeito do uso correto dos equipamentos de proteção individual e coletiva, garantindo, assim, sua segurança e a dos indivíduos expostos.

Para subsidiar esta discussão, foram realizadas pesquisas em livros científicos que fazem referência à radiação ionizante, consultas à Norma Regulamentadora nº 32, Portaria nº 453 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) e às Normas da Comissão de Energia Nuclear (Cnen) e pesquisas sobre equipamentos de proteção individual e coletiva que devem ser usados durante a jornada de trabalho.

O atendimento à legislação contribuirá para a manutenção de um ambiente salutar, alertando os trabalhadores expostos aos riscos advindos da radiação ionizante sobre a importância do uso correto dos equipamentos de proteção coletiva e individual. Desse modo, minimizar-se-ão os efeitos biológicos e fisiológicos que esse tipo de radiação provoca no indivíduo, em razão do acúmulo da dose absorvida em sua jornada de trabalho.

A investigação pautou-se pelo estudo *in loco* e posterior verificação das técnicas e legislação vigentes para o trabalho na área de radiologia.

1.1 Radiação ionizante

Qualquer discussão a respeito dos efeitos da radiação ionizante requer clara compreensão do que é a radiação ionizante e como é medida (dosimetria). É definida como ondas eletromagnéticas de alta energia (raios X ou raios gama) que, ao in-

teragirem com a matéria, desencadeiam uma série de ionizações, transferindo energia aos átomos e moléculas presentes no campo irradiado e promovendo, assim, alterações físico-químicas intracelulares (LEMBO, 2000).

Os Raios-X são um tipo de radiação eletromagnética penetrante e invisível ao olho humano, com comprimento de onda menor que o da luz visível. Esses raios são produzidos quando se bombardeia um alvo, como um metal, com elétrons em alta velocidade. Essa capacidade de penetração permite que os raios X sejam utilizados para fazer imagens do interior do corpo humano ou de estruturas internas de objetos, seja na indústria, na medicina ou na pesquisa científica.

Os raios gama são produzidos durante o processo de desintegração dos núcleos dos átomos dos isótopos radioativos. Ao mesmo tempo que se produzem as radiações alfa e beta, ocorre também a proteção das radiações gama. Sua origem é nuclear, enquanto a dos raios X é extranuclear. Vários isótopos radioativos são empregados no serviço de radioterapia, tais como o cobalto-60, o ouro-198, o radium-226.

A dose absorvida de radiação é a energia depositada por quilograma de tecido, expressa em rad (*radiation absorbed dose* ou dose de radiação absorvida) (BIRAL, 2002).

A radioatividade é um fenômeno nuclear originado a partir da desintegração espontânea de núcleos atômicos. A probabilidade por unidade de tempo para que um nuclídeo se desintegre (emita partículas) depende somente dele e é independente do tempo (BIRAL, 2002).

No organismo humano ou animal, a probabilidade total de decaimento de um radioisótopo é a soma das probabilidades de decaimento biológico (pelo metabolismo) e físico (por desintegração radioativa) (HIRATA, 2002). A meia-vida efetiva inclui essas duas probabilidades de

decaimento de um radioisótopo no organismo (GONÇALVES, 2003).

1.2 Efeitos da radiação ionizante

Efeitos biológicos

A energia de uma radiação pode ser transferida para o ADN (ácido desoxirribonucléico), modificando sua estrutura, o que caracteriza o efeito direto. Efeitos indiretos ocorrem em situações em que a energia é transferida para uma molécula intermediária (água, por exemplo) cuja radiólise acarreta a formação de produtos altamente reativos, capazes de lesar o ADN (GONÇALVES, 2003).

Efeitos determinísticos e estocásticos

Os efeitos determinísticos são caracterizados por um limiar de dose, abaixo do qual não ocorre o efeito. Exemplos: eritema, indução à catarata, epilação e indução à fertilidade.

Os efeitos estocásticos são severos, independentemente da dose recebida, pois a relação probabilística entre a dose e seu efeito é percebida após um período de latência, que pode variar de anos a décadas (BIASOLI, 2006; DIMESTEIN; HORNOS, 2004).

Efeitos somáticos e somáticos imediatos

Os efeitos somáticos estão relacionados com aqueles que não são transmitidos às linhagens seguintes. Dividem-se em imediatos e tardios (TORREIRA, 1997).

Já os efeitos somáticos imediatos são os que podem ser observados pouco tempo após o organismo ser submetido a altas doses de radiação por um curto período de tempo (BIASOLI, 2006).

Radiossensibilidade

Os diferentes tipos de tecidos do corpo humano apresentam respostas diferenciadas à radia-



ção. Um sistema biológico é mais radiosensível quando irradiado na presença de oxigênio (efeito oxigênio) do que em sua ausência (anoxia). A pele humana com reduzida irrigação sanguínea (isquemia), por exemplo, é mais resistente à radiação que a pele normal (BRASIL, 1995).

Estudos realizados a partir da irradiação de culturas bacterianas permitiram comparar a radiosensibilidade em diferentes momentos, ao longo do crescimento celular. Apesar das eventuais divergências observadas, é possível, para a maior parte das células de mamíferos, estabelecer algumas regras gerais sobre a radiosensibilidade ao longo do ciclo mitótico (HIRATA; MANCINI, 2002), que também depende da eficiência dos mecanismos de reparação celular no DNA e da ação de outros agentes químicos (DIMESTEIN; HORNOS, 2004).

2 Formas de radioproteção

A proteção radiológica baseia-se em princípios fundamentais, que devem ser sempre observados (BIASOLI, 2006):

- Justificativa: o benefício tem de ser tal que compense o detrimento, definido como a relação entre a probabilidade de ocorrência e o grau de gravidade do efeito;
- Otimização: o número de pessoas expostas, as doses individuais e a probabilidade de ocorrência de efeitos nocivos devem ser tão baixas quanto razoavelmente exequíveis –, princípio *Alara (as low as reasonably achievable)*;
- Limitação de dose: a dose individual para trabalhadores e indivíduos do público em geral não deve exceder os limites de dose recomendados, excluindo-se as exposições médicas de pacientes;

- Prevenção de acidentes: todo esforço deve ser direcionado ao estabelecimento de medidas rígidas para prevenção de acidentes.

O sistema de proteção radiológica consiste em evitar os efeitos determinísticos, manter as doses abaixo do limiar relevante e prevenir os efeitos estocásticos, fazendo uso de todos os recursos de proteção radiológica disponíveis. Para garantir a segurança, considera-se que os efeitos biológicos produzidos pelas radiações ionizantes sejam acumulativos.

Quanto à proteção radiológica contra exposições externas, considera-se:

- Distância: quanto mais distante da fonte, melhor;
- Tempo: quanto menos tempo próximo da fonte, melhor;
- Blindagem: quanto mais eficiente, melhor.

Todos os colaboradores expostos à radiação devem ter conhecimento da Portaria n. 453, de 1º de junho de 1998, da Secretaria Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde.

Para fazer a monitoração pessoal, usa-se o dosímetro de filme ou o DTL (dosímetro termoluminescente), fixados na altura do tórax (mais comum) ou na cintura – exceto na fluoroscopia, quando devem ser usados na área do colarinho, fora do avental de chumbo. É imprescindível que todos os colaboradores expostos os utilizem.

A verificação dos dosímetros deve ser realizada mensalmente, enquanto a dos DTLs, a cada três meses, no mínimo.

3 Blindagem individual

Para a confecção do protetor, são considerados a intensidade e o tipo de serviço a ser executado.

do, sendo sua espessura mínima 0,25 mm, e máxima, 0,50 mm. Pode possuir constituição flexível (confeção em borracha enriquecida de chumbo) ou de lâminas de chumbo.

Por sua densidade (chumbo 11,35g/cm³), o chumbo é o elemento mais empregado como barreira de proteção.

Aventais de 0,5mm de chumbo são altamente eficientes para baixas energias e permitem a passagem de apenas 0,32% da radiação para uma faixa de 70 kPv, e de 3,2 %, para 100 kPv. Atualmente, a legislação preconiza que o dosímetro individual seja utilizado por cima do avental de chumbo (OKUNO, 1998).

As massas desses aventais podem variar de 2,5 a 7,0 quilogramas. Para os profissionais que os utilizam por longos períodos, aconselha-se que eles sejam dotados de um cinto para redistribuir o peso. São produzidos em diversos tamanhos, dada a elevada diversidade do biótipo de cada colaborador, o que, conseqüentemente, facilita sua utilização (BIASOLI, 2006).

Quando o colaborador realizar procedimentos em fluoroscopia, deverá utilizar os protetores blindados para a tireóide, na forma de colar cervical, e os óculos plumbíferos. Caso tenha problema nos olhos, a confecção dos óculos será de acordo com suas necessidades. Quando os protetores blindados não são utilizados pelo colaborador, a dose de entrada recebida no pescoço sem blindagem, durante os procedimentos intervencionais, atinge valores superiores a 0,6mSv (miliSievert), dependendo da carga de trabalho e da distância da fonte. Já com a proteção do colar, esse valor é menor que 0,1mSv.

Além dos equipamentos mencionados, temos o saio de tiras de chumbo empregado também nos procedimentos de mesas de fluoroscopia, com o intuito de minimizar a radiação espalhada (DIMESTEIN; HORNOS, 2004).

4 Portaria da Agência de Vigilância Sanitária (Anvisa)

Segundo a Portaria n. 453, de 1º de junho de 1998 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1998), define-se que as limitações de doses individuais são valores da dose de radiação ionizante, efetiva e/ou equivalente, a que estão expostos os trabalhadores ou o público.

Os limites de dose são classificados com relação ao indivíduo exposto, decorrente da jornada de trabalho:

- Não se aplicam às exposições médicas;
- Não devem ser considerados como fronteira entre o seguro e o perigoso;
- Não devem ser utilizados como objeto nos projetos de blindagem e avaliação de conformidades nem como levantamento radiométrico;
- Não são relevantes para exposições potenciais.

Nas exposições ocupacionais do indivíduo, deverão ser tomadas precauções para que os limites estabelecidos pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen), na Resolução n. 12/88, não sejam excedidos (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 2006);

- Dose efetiva média anual: 20 mSv em qualquer período, por cinco anos consecutivos, e 50 mSv em nenhum dos anos;
- Dose equivalente anual: 500 mSv para extremidades e 150 mSv para o cristalino.

Com relação a gestantes, deverão ser considerados os seguintes parâmetros:

- Deve ser notificado o titular do serviço tão logo se descubra a gravidez;



- Deve ser revista a condição de trabalho, de maneira que a dose na superfície do abdômen não ultrapasse 2 mSv durante toda a gravidez, e a no embrião não exceda a 1 mSv no mesmo período.

Menores de 18 anos não poderão trabalhar com raios X, exceto em treinamento.

Para estudantes entre 16 e 18 anos, em estágio de treinamento profissional, deverão ser controladas as exposições de modo que sejam respeitados os seguintes valores:

- Dose efetiva anual: 6 mSv;
- Dose equivalente anual: 150 mSv nas extremidades e 50 mSv no cristalino.

É proibida a exposição ocupacional de menores de 16 anos.

Com relação à qualificação profissional, a referida portaria alerta ainda que:

- Nenhum indivíduo pode administrar radiação ionizante a menos que possua certificação de qualificação ou esteja em treinamento;
- Só poderá responder pelo serviço de responsabilidade técnica aquele que possuir formação em Medicina ou Odontologia, quando se tratar de radiologia odontológica.

5 Comissão nacional de energia nuclear

Quando se trabalha com radiações ionizantes, é importante entender o que significa dose de absorção, pois é por meio dela que se realiza o monitoramento individual a que o colaborador se submete durante sua atividade laboral. O órgão de referência em proteção radiológica e me-

tologia das radiações ionizantes é o Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD), da Cnen.

Na Tabela 1, apresentam-se os efeitos da exposição aguda à radiação em indivíduos.

Tabela 1 - Efeitos da exposição aguda à radiação em razão da intensidade da dose absorvida

Dose absorvida (Gy)	Efeitos
0 - 0,8: corpo inteiro	Nenhum efeito clínico detectável
0,3: localizada	Esterilidade temporária no homem.
1 - 2: corpo inteiro	Astenia, náusea, vômitos, diarreia.
2: localizada	Catarata. Quanto maior a dose, maior a velocidade de estabelecimento do processo.
3: localizada	Esterilidade temporária na mulher
2 - 4: corpo inteiro	Síndrome hematopoiética. Leucopenia, linfopenia, trombocitopenia, anemia.
4 - 4,5: corpo inteiro	Morte de 50% dos indivíduos irradiados.
4 - 6: corpo inteiro	Síndrome hematopoiética. Função medular gravemente atingida
5: localizada	Esterilidade definitiva no homem. Epilação temporária.
6 - 8: localizada	Esterilidade definitiva na mulher.
8 - 9: corpo inteiro	Insuficiência respiratória aguda, coma e morte entre 14 e 36 h.
6 - 12: localizada	Radiodermite eritematosa
10: corpo inteiro	Morte em poucas horas
16 - 20: localizada	Epilação definitiva e radiodermite exsudativa (bolhas)
25: localizada	Radiodermite e radionecrose

Fonte: Os autores.

6 Segurança e saúde no trabalho em serviços de saúde

Em 2005, o Ministério do Trabalho e Emprego (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2005), por meio da Portaria n. 485, de 11 de novembro de 2005, publicou a Norma Regulamentadora (NR) n. 32, que dispõe sobre

a segurança e a saúde do trabalho em serviços de natureza hospitalar. Essa norma preconiza as diretrizes básicas que devem ser cumpridas pelos serviços de saúde com vistas à manutenção e criação de ambientes salutar para os trabalhadores. Discorre ainda sobre o plano de proteção radiológica, os deveres do empregador e do empregado, embora não contemple as doses de exposição a que o colaborador se submete ao trabalhar diretamente com a radiação ionizante. Descreve, no item 32.4.5, que os colaboradores devem utilizar o dosímetro que, em caso de suspeita de exposição acidental, deve ser encaminhado à Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen) para ser analisado no prazo máximo de 24 horas. Além dos procedimentos adicionais, tais como a monitoração individual, a avaliação clínica e a realização de exames complementares, devem ser adotados também procedimentos de proteção coletiva, como o programa de monitoração periódica – embora, no item 32.4.1, a norma oriente o empregador a observar as disposições estabelecidas pela Anvisa e Cnen. Isso porque não é específica no item de dose de absorção, pois não esclarece o limite máximo de exposição permitido ao colaborador quando trata da exposição acidental (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2005).

7 Resultados e discussão

Sob a luz dos padrões internacionais, as normas brasileiras apresentam-se atualizadas (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2006). A legislação sobre o assunto é revista constantemente, e tanto a NR n. 32 quanto a Portaria n. 453 da Anvisa preconizam rigorosas e precisas orientações para proteção dos indivíduos que trabalham com a radiação ionizante, não só para o seu cumprimento, mas também para o uso cor-

reto dos equipamentos de proteção individual e coletiva, que minimizarão os riscos decorrentes da exposição a que os indivíduos são acometidos durante sua jornada laboral.

Além do descrito no trabalho, esses limites de doses têm de ser controlados, pois, do contrário, o profissional poderá desenvolver potencialmente uma doença ocupacional, uma vez que a radiação ionizante é acumulativa e, em muitos casos, só será descoberta após muitos anos, trazendo danos irreversíveis ao indivíduo.

Quando a dose absorvida ultrapassa o limite máximo estipulado, o próprio organismo se manifesta, facilitando o diagnóstico; porém, a proporção do dano causado só poderá ser conhecida após a realização de vários exames clínicos.

Respeitando-se as ações preventivas preconizadas, contribuir-se-á para a manutenção de um ambiente saudável, em que os técnicos em radiologia médica poderão desempenhar suas funções, sem pôr em risco sua integridade física e a de seus pacientes. Com relação à situação dos profissionais no hospital em estudo, percebeu-se que as normas não são cumpridas de forma satisfatória, fato que os expõe a uma situação de risco. Entretanto, sabe-se que a instituição é detentora de aparelhagem e equipamentos de proteção adequados, conforme legislação vigente. Fica evidente que um programa de treinamento orientado poderá minimizar a prática não salutar das atividades na área.

8 Considerações finais

Após a investigação, é possível depreender que, apesar de a legislação vigente contemplar, de forma satisfatória, os riscos inerentes à atividade, é necessário especificar os limites de tolerância para as diversas situações do agente de risco. Com relação ao estudo de caso, percebe-se que falta



treinamento aos profissionais da área para que cumpram as instruções referentes à prática laboral. Também há necessidade de o hospital adquirir equipamentos de proteção individual em número suficiente para os trabalhadores e realizar a supervisão das atividades e práticas adotadas no cotidiano laboral.

Study on the risk conditions to which the radiology professional are subjected

The use of the ionizing radiation presents an accentuated growth in function of the technological advances in favor of the humanity. Although this advances not always comes followed of norms or training in security by the people involved. In this work the ionizing radiation and its limits of exposition are analyzed. The study was based on the Norms of the National Commission of Nuclear Energy (Cnen), on *Portaria* nº 453 of the Anvisa of June 1st 1988 and on the new Regulation Norm nº 32, detailing the annual maximum limits displayed and received by the individuals during their days work, pointing out the actual damages and also the illnesses that can be developed if the limit is not respected. Such illnesses can be restricted to the individual that received the doses and also to be transmitted to their descendants. In this work, it is discussed the necessity of using the individual and collective equipment of protection during the labor period, in order to keep the physical integrity of the people that work in medical radiology.

Key words: Protection equipment.
Radiology. Safety.

Referências

- BIASOLI, A. J. *Técnicas radiográficas*. Rio de Janeiro: Rubio, 2006.
- BIRAL, A. R. *Radiações ionizantes para médicos, físicos e leigos*. Florianópolis: [s./i.], 2002.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Departamento de Normas Técnicas. Coordenação Geral de Normas. Coordenação de Rede Física, Equipamentos e Materiais Médico-Hospitalares. Serviço de Engenharia Clínica. *Segurança no ambiente hospitalar*. Brasília: Ministério da Saúde, 1995.
- COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (CENEN). Ministério da Ciência e Tecnologia. Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br/seguranca/normas.asp#radioprotecao>>. Acesso em: 11 set. 2006.
- DIMESTEIN, R.; HORNOS, Y. M. M. *Manual de proteção radiológica aplicada ao radiodiagnóstico*. 2. ed. São Paulo: Senac, 2004.
- GONÇALVES, E. A. *Manual de segurança do trabalho*. 2. ed. São Paulo: LTR, 2003.
- HIRATA, M. H.; MANCINI, J. F. *Manual de biossegurança*. São Paulo: Manole, 2002.
- LEMBO, A. *Química realidade e contexto*. São Paulo: Ática, 2000.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Instituto de pesquisa nuclear (Ipen). Disponível em: <<http://www.ipen.org.br>>. Acesso em: 11 jul. 2006.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Portaria n. 453*. Brasília, 1998.
- MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. *Portaria n. 485: Segurança e saúde no trabalho em serviços de saúde NR 32*. Brasília, 2005.
- OKUNO, E. *Radiação efeitos, riscos e benefícios*. São Paulo: Harbra, 1998.
- TORREIRA, R. P. *Segurança industrial e saúde*. São Paulo: Libris, 1997.

Recebido em 25 maio 2007 / aprovado em 27 jun. 2007

Para referenciar este texto

LOURENÇO, S. R.; SILVA, T. A. F.; SILVA FILHO, S. C. da. Estudos sobre as condições de risco a que os profissionais da área de radiologia médica estão sujeitos. *Exacta*, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 283-290, jul./dez. 2007.