

Avaliação da Exposição Ocupacional às Radiações conforme legislação Brasileira

Eduardo de Brito Souto¹ / Gabriel D'Arrigo de Brito Souto² / Martin Kruel Elbern³

Resumo

O presente artigo tem por objetivo apresentar os limites de tolerância para radiações, os quais não estão explícitos na NR-15 e indicar as metodologias de avaliação. Para radiações ionizantes deve-se avaliar a exposição ocupacional individualmente para cada trabalhador ocupacionalmente, ao passo que para os demais trabalhadores a exposição pode ser avaliada através de monitoração ambiental. Para as micro-ondas e outros campos eletromagnéticos deve-se avaliar a intensidade dos campos elétrico e magnético, conforme Lei Federal 11.934/2009. Para radiação UV deve-se avaliar a irradiância efetiva nos locais de trabalho e calcular o tempo máximo de exposição diário. Para os lasers a avaliação pode ser qualitativa.

Palavras-chave: avaliação, monitoração, radiações ionizantes, radiações não ionizantes.

0. Introdução

A legislação trabalhista brasileira é clara ao dizer que o PPRA – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais deve, obrigatoriamente, contemplar a avaliação de todos os riscos ocupacionais existentes no ambiente de trabalho (MTE-Brasil, 1978a). Dentre esses riscos estão as radiações ionizantes e as radiações não ionizantes.

Radiações ionizantes são comumente encontradas em serviços de saúde, para diagnóstico e tratamento médico e diagnóstico odontológico, e em indústrias, para controle de processos (medição de nível, espessura e gramatura); radiografia industrial (avaliação de soldas, peças etc); esterilização de produtos e alimentos; medição de umidade e densidade de solos; prospecção de petróleo e inúmeras outras aplicações. Não deixando de citar os escaneres de inspeção corporal e de cargas, os traçadores radioativos e o transporte de materiais radioativos.

Dentre as radiações não ionizantes destaca-se a exposição à radiação ultravioleta em serviços a céu aberto, na soldagem de metais e em processos de secagem e/ou curagem e a exposição às micro-ondas provenientes de antenas e máquinas de solda por radiofrequência. Além dos campos eletromagnéticos oriundos de linhas de transmissão e distribuição de energia elétrica, bem como em subestações e dos equipamentos de ressonância magnética.

A avaliação da exposição à radiação pode até parecer mais complexa e cara que a de outros agentes de risco, mas não se pode aceitar que o PPRA preveja avaliações qualitativas. Na própria NR-09 (MTE-Brasil, 1978a) consta que deverão ser adotadas as medidas necessárias [...] sempre que os resultados das avaliações quantitativas da exposição dos trabalhadores excederem os valores limites previstos na NR-15 ou, na ausência destes, os

¹ Pro-Rad Consultores em Radioproteção S/S Ltda, esouto@prorad.com.br

² Pro-Rad Consultores em Radioproteção S/S Ltda, gabriel.souto@prorad.com.br

³ Pro-Rad Consultores em Radioproteção S/S Ltda, martin@prorad.com.br

adotados pela ACGIH – American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Outrossim, também existem outros dispositivos legais que devem ser considerados e cumpridos.

O presente artigo tem por objetivo apresentar os limites de tolerância, os quais não estão explícitos na NR-15 (MTE-Brasil, 1978b), e indicar as metodologias de avaliação.

1. Radiações Ionizantes

O Anexo 5 da NR-15 (MTE-Brasil, 1978b), em vez de indicar os limites de tolerância, remete-se à norma CNEN 3.01 – Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica (CNEN, 2014). Nesta norma, os limites de tolerância são chamados de limites de dose (Tabela 1).

Tabela 1 - Limites de dose anuais para radiações ionizantes

Órgão	Indivíduo Ocupacionalmente Exposto	Indivíduo do Público
Corpo inteiro	20 mSv/ano*	1 mSv/ano
Cristalino	20 mSv/ano*	15 mSv/ano
Pele	500 mSv/ano	50 mSv/ano
Mãos e pés	500 mSv/ano	-

* média aritmética em 5 anos consecutivos, desde que não exceda 50 mSv em qualquer ano

Note-se que estão definidos dois limites distintos, um para Indivíduos Ocupacionalmente Expostos e outro para “Indivíduos do Público”. Equivoca-se quem ignora este último por presumir que não se aplica a trabalhadores.

A atenuação da radiação na matéria se dá exponencial (Ahmed, 2007). Portanto, não há barreira protetora capaz de reduzir a zero os níveis de radiação emitidos por uma fonte. O máximo que se consegue é reduzi-los até se tornarem indistinguíveis da radiação natural do local. Em outras palavras, por maior que seja a blindagem, sempre passa radiação e alguém estará exposto.

Vejamos o exemplo uma clínica de radiologia com dois trabalhadores: um técnico em radiologia, que trabalha dentro da sala de raios X, e uma secretária, que labora em ambiente adjacente a esta sala. O técnico em radiologia, ao operar o equipamento de raios X, se expõe à radiação. Essa mesma radiação será atenuada pela parede, mas de qualquer modo atingirá a secretária. Ou seja, ambos estão expostos a este agente de risco.

Para o técnico, a radiação é indispensável para o seu ofício – trata-se de um indivíduo ocupacionalmente exposto. Já a secretária não necessita da radiação para laborar, porém acaba exposta à radiação por estar ao lado da sala de radiologia. Sobre isso, a norma CNEN 3.01 (CNEN, 2014) deixa claro que os indivíduos expostos à radiação cuja origem não esteja diretamente relacionada ao seu trabalho devem ser tratados como indivíduos do público. Então, o PPRA deve prever a avaliação da exposição de ambos.

Em suma, temos dois limites de tolerância: um para os trabalhadores ocupacionalmente expostos e outro para os demais trabalhadores. Para cada qual há um modo de avaliar a exposição.

1.1. Trabalhadores “indivíduos do público”

Para estes trabalhadores a avaliação da exposição à radiação deve ser feita através da monitoração ambiental (ou monitoração de área), popularmente conhecida por levantamento radiométrico ou radiometria.

Para serviços de radiologia, a NHO-05 (FUNDACENTRO, 2001) estabelece os procedimentos para realização de levantamento radiométrico. Note-se que a avaliação se dá pelo pior caso. Ou seja, colimador aberto ao máximo, radiação de maior energia possível, etc. Esta é a maneira mais correta de proceder, pois, se os EPCs – Equipamentos de Proteção Coletiva estiverem bons para o pior caso, certamente estarão bons para todos os demais casos e não haverá necessidade de controle do tempo de exposição para estes trabalhadores.

Cabe lembrar que o Decreto Federal 3.048/99 (Brasil, 1999) estabelece que a comprovação da efetiva exposição aos agentes nocivos deve ser feita com base em um Laudo Técnico de Condições Ambientais de Trabalho que considere a NHO-05 (FUNDACENTRO, 2001). Portanto, para outras aplicações, tais como as industriais, radioterapia e medicina nuclear, entende-se que metodologia e procedimentos de avaliação análogos devem ser utilizados.

Na Figura 1 apresenta-se os instrumentos de medida comumente utilizados para realização de levantamentos radiométricos. Convém citar que onde há radiação neutrônica sempre há radiação gama associada; assim sendo, é necessário avaliar concomitantemente ambas as exposições e somá-las para comparação com os limites de tolerância.



Figura 1 – Câmaras de ionização (A), detector Geiger Müller (B) e detector de nêutrons (C)

1.2. Trabalhadores Ocupacionalmente Expostos

Neste caso a avaliação pelo pior caso é inadequada. Um exemplo bem ilustrativo é o trabalho dentro de uma sala de hemodinâmica, onde uma avaliação segundo a NHO-05 (FUNDACENTRO, 2001) apontará que os níveis de radiação dentro da sala são superiores ao limite de tolerância, ou seja, o ambiente é insalubre. Contudo, o trabalhador não permanece ininterruptamente em uma mesma posição e a dose de radiação que recebe depende de vários fatores, tais como espalhamento da radiação, distância à fonte e ao paciente, abertura do colimador, alta tensão (kV) e carga elétrica (mAs) utilizados, tempo de exposição etc.

Dado isso, é necessário avaliar a dose que cada trabalhador recebe, de fato, individualmente. Somente desta forma é possível comprovar se o trabalhador se expôs acima do limite de tolerância ou não.

Isso é realizado através do uso de dosímetros individuais – técnica chamada de monitoração individual. Atualmente no Brasil os Serviços de Monitoração Individual – SMIEs, popularmente conhecidos por Laboratórios de Dosimetria, oferecem dosímetros para avaliação da dose de corpo inteiro (dosímetro de tórax) e de extremidades (dosímetros de pulseira e de anel) (Figura 2).

Cabe lembrar que, se o trabalhador usa, por exemplo, um dosímetro para radiação gama e outro para nêutrons, as doses avaliadas devem ser somadas para comparação com o limite de tolerância. O mesmo acontece com aqueles que laboram em mais de um local.



Figura 2 – Dosímetros individuais para radiação ionizante

2. Radiações Não Ionizantes

O Anexo 7 da NR-15 (MTE-Brasil, 1978b) não discrimina limites de tolerância, apenas determina que haja um laudo técnico que indique haver ou não “proteção adequada” para os trabalhadores. Em primeira análise parece tratar-se de uma avaliação qualitativa, entretanto existem fundamentações suficientes para que a avaliação da exposição às radiações não ionizantes seja quantitativa, exceto para os lasers.

2.1. Micro-ondas

As micro-ondas são radiações eletromagnéticas compreendidas entre 300 MHz e 300 GHz (Hitchcock, 2004). Para estas há limites de tolerância estabelecidos na Lei Federal 11.934/2009 (Brasil, 2009).

Conforme consta nesta Lei, os limites de tolerância são aqueles adotados pela Comissão Internacional de Proteção Contra Radiação Não Ionizante – ICNIRP, recomendados pela Organização Mundial da Saúde. As Tabelas 2 e 3 apresentam estes limites.

Percebe-se que, análogo às radiações ionizantes, há limites para a exposição de trabalhadores em função do seu trabalho e para a população em geral, que inclui os demais trabalhadores.

Tabela 2 – Limites de tolerância para exposição ocupacional às micro-ondas e outros campos eletromagnéticos (ICNIRP, 1998)

	Intensidade de campo Elétrico (V/m)	Intensidade de campo Magnético (A/m)
Até 1 Hz	-	$1,63 \times 10^5$
1 Hz – 8 Hz	20.000	$1,63 \times 10^5 / f^2$
8 Hz – 25 Hz	20.000	$2 \times 10^4 / f$
25 Hz – 820 Hz	$500 / f$	$20 / f$
820 Hz – 65 kHz	610	24,4
65 kHz – 1 MHz	610	$1,6 / f$
1 MHz – 10 MHz	$610 / f$	$1,6 / f$
10 MHz – 400 MHz	61	0,16
400 MHz – 2GHz	$3f^{1/2}$	$0,008f^{1/2}$
2 GHz – 300 GHz	137	0,36

A metodologia de medição pode ser encontrada tanto nas Diretrizes da ICNIRP (ICNIRP, 1998) quanto na Resolução ANATEL 303/2002 (ANATEL, 2002). Em suma, é uma radiometria (ou levantamento radiométrico). Os instrumentos utilizados são medidores de campos elétrico e magnético (Figura 3).

Tabela 3 – Limites de tolerância para exposição dos demais trabalhadores às micro-ondas e outros campos eletromagnéticos (ICNIRP, 1998)

	Intensidade de campo Elétrico (V/m)	Intensidade de campo Magnético (A/m)
Até 1 Hz	-	$3,2 \times 10^4$
1 Hz – 8 Hz	10.000	$3,2 \times 10^4 / f^2$
8 Hz – 25 Hz	10.000	$4.000 / f$
25 Hz – 800 Hz	$250 / f$	$4 / f$
800 Hz – 3 kHz	$250 / f$	5
3 kHz – 150 kHz	87	5
150 kHz – 1 MHz	87	$0,73 / f$
1 MHz – 10 MHz	$87 / f^{1/2}$	$0,73 / f$
10 MHz – 400 MHz	28	0,073
400 MHz – 2GHz	$1,375 f^{1/2}$	$0,0037 f^{1/2}$
2 GHz – 300 GHz	61	0,16



Figura 3 – Analisador de espectro (A) e medidores de campos elétricos e magnéticos (B)

2.2. Radiação Ultravioleta

Para radiação ultravioleta a legislação brasileira não prevê limites de tolerância, então se deve seguir o disposto na NR-09 (MTE-Brasil, 1978a) e utilizar os valores adotados pela ACGIH (ACGIH, 2015).

A ACGIH define um tempo máximo de exposição diário. Este tempo é uma função da irradiância efetiva avaliada no ambiente de trabalho (Equação 1).

$$t_{\max} [s] = \frac{0,003 [J/cm^2]}{E_{\text{eff}} [W/cm^2]} \quad \text{Equação 1}$$

Os instrumentos de medida utilizados são radiômetros UV com resposta espectral integrada ou instrumentos que indiquem diretamente o tempo máximo de exposição diário (Figura 4).

Para estes últimos, ressalva deve ser feita: a NR-15 (MTE-Brasil, 1978b) determina que a exposição à quase todo o espectro UVA não é passível de insalubridade. Assim sendo, o tempo de exposição diário pode ser maior que o indicado nestes instrumentos.



Figura 4 – Medidor de tempo máximo de exposição (A), espectrômetro UV (B) e radiômetro UV (C)

2.3. Lasers

Assim como para a radiação ultravioleta, adota-se as recomendações da ACGIH (MTE-Brasil, 1978a; ACGIH, 2015).

Neste caso é possível realizar avaliações qualitativas. Conforme a ACGIH, normalmente não é necessário medir a intensidade do feixe e comparar com os limites de tolerância; o risco pode ser minimizado com medidas de controle apropriadas à classe de risco do laser.

2.4. Outras radiações não ionizantes

Apesar de não contempladas pela NR-15, conforme apresentado nas Tabelas 2 e 3, a Lei Federal 11.934/2009 (Brasil, 2009) estabelece limites de exposição a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos além da faixa das micro-ondas. Então, mesmo que não cobertas pela legislação trabalhista brasileira, é necessário avaliar a exposição dos trabalhadores a estas radiações.

Cita-se como exemplo a exposição a campos eletromagnéticos de 60 Hz em linhas de transmissão e distribuição de energia elétrica e em subestações de energia elétrica. A metodologia de medição está descrita tanto nas Diretrizes da ICNIRP (ICNIRP, 1998) quanto na Resolução ANEEL 616/2014 (ANEEL, 2014) e na norma ABNT 25415 (ABNT, 2016).

3. Conclusão

Conforme legislação brasileira, exceto para os lasers, é obrigatório a avaliação quantitativa da exposição dos trabalhadores ocupacionalmente e paraocupacionalmente expostos às radiações ionizantes e não ionizantes.

4. Referências

ABNT (2016), Norma Brasileira ABNT NBR 25415 – Métodos de Medição e níveis de referência para exposição à campos elétricos e magnéticos na frequência de 50 Hz e 60 Hz, Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ACGIH (2015), 2015 TVLs and BEIs, Cincinnati: ACGIH® Signature Publications.

ANATEL (2002), Resolução Nº 303, de 2 de julho de 2002 – Aprova o Regulamento sobre Limitação da Exposição a Campos Elétricos, Magnéticos e Eletromagnéticos na Faixa de Radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz, Agência Nacional de Telecomunicações – Brasil.

ANEEL (2014), Resolução Normativa Nº 616, de 1º de julho de 2014 – Altera a Resolução Normativa nº 398, de 23 de março de 2010, que regulamenta a Lei nº 11.934, de 5 de maio de 2009, no que se refere aos limites à exposição humana a campos elétricos e magnéticos originários de instalações de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, na frequência de 60 Hz, Agência Nacional de Energia Elétrica – Brasil.

Ahmed, Syed Naeem (2007), Physics & Engineering of Radiation Protection, Londres: Academic Press.

Brasil (1999), Decreto N. 3.048, de 6 de maio de 1999, Aprova o Regulamento da Previdência Social, e dá outras providências.

Brasil (2009), Lei N. 11.934, de 5 de maio de 2009, Dispõe sobre limites à exposição humana a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos; altera a Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965; e dá outras providências.

CNEN (2014), Norma CNEN-NN-3.01 – Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica, Comissão Nacional de Energia Nuclear – Brasil.

FUNDACENTRO (2001), Norma de Higiene Ocupacional NHO 05 – Avaliação da Exposição Ocupacional aos Raios X nos Serviços de Radiologia, Fundacentro – Ministério do Trabalho e Emprego – Brasil.

ICNIRP (1998), ICNIRP Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz). Disponível em URL [Consult. 29 Abr 2017]: <<http://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPemfgdl.pdf>>.

Hitchcock, Timothy (2004), Radio-Frequency and Microwave Radiation, Fairfax: American Industrial Hygiene Association.

MTE – Brasil (1978a), Norma Regulamentadora NR-9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA. Disponível em URL [Consult. 29 Abr 2017]: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR09/NR-09-2016.pdf>>.

MTE – Brasil (1978b), Norma Regulamentadora NR-15 – Atividades e Operações Insalubres. Disponível em URL [Consult. 29 Abr 2017]: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR15/NR15-ANEXO15.pdf>>.