

## CULTURA DE SEGURANÇA E RESPOSTA A EMERGÊNCIAS RADIOLÓGICAS<sup>1</sup>

### *SAFETY CULTURE AND RESPONSE TO RADIOLOGICAL EMERGENCIES*

Cássio Mori da Silva<sup>2</sup>, Daniele Morgenstern Aimi<sup>3</sup> e Igor da Rocha Lazzarotto<sup>4</sup>

#### RESUMO

Seja a cultura de segurança definida como o conjunto de características e atitudes em organizações e indivíduos que estabelece que assuntos relacionados à segurança recebam atenção necessária à sua relevância. Considerando a proteção radiológica definida como o conjunto de princípios e ações que visam a prevenção do indivíduo e do ambiente dos detrimientos oriundos das exposições às radiações ionizantes, e considerando que uma intervenção radiológica se justifica somente quando se espera atingir um benefício maior que o dano gerado. Esse trabalho, com base na revisão bibliográfica narrativa, se objetiva a promover orientação relacionada à estrutura organizacional, proteção radiológica, manejo das emergências radiológicas e das contaminações por compostos radioativos, no que tange às atividades associadas às práticas médicas.

**Palavras-chave:** intervenção radiológica; mitigação; proteção radiológica; radiação ionizante.

#### ABSTRACT

*Safety culture is defined as the set of characteristics and attitudes in organizations and people that establishes that safety-related issues receive the necessary attention for their relevance. Considering radiological protection defined as the set of principles and actions aimed at preventing the individual and the environment from the damage caused by exposure to ionizing radiation, and considering that a radiological intervention is justified only when it is expected to achieve a benefit greater than the damage generated. This work, based on the narrative literature review, aims to promote guidance related to organizational structure, radiological protection, management of radiological emergencies and contamination by radioactive compounds, with regard to activities associated with medical practices.*

**Keywords:** ionizing radiation; mitigation; radiological intervention; radiological protection.

---

1 Trabalho de revisão bibliográfica.

2 Técnico em Radiologia do Hospital Universitário de Santa Maria (HUSM) e acadêmico do curso de Tecnologia em Radiologia da Universidade Franciscana - UFN. E-mail: cassioxmori@icloud.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7157-6931>

3 Pós-doutoranda do Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD) da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), E-mail: danielefm@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6383-6572>

4 Docente do curso de Tecnologia em Radiologia da Universidade Franciscana - UFN. E-mail: igorlazzarotto777@hotmail.com.

## INTRODUÇÃO

Considerando que todo serviço de radiologia deve implementar estrutura organizacional que induza o desenvolvimento da cultura de segurança e de melhoria contínua da qualidade da estrutura, dos processos e dos resultados (BRASIL, 2022).

Considerando a proteção radiológica como o conjunto de princípios e ações que visam a prevenção do indivíduo e do ambiente dos detrimientos oriundos das irradiações ou contaminações radiológicas médicas, ocupacionais ou acidentais (TAUHATA *et al.*, 2014).

Considerando que uma intervenção radiológica se justifica somente quando se espera atingir um benefício maior que o dano gerado, tendo em conta os fatores de saúde, sociais e econômicos (CNEN, 2014).

Esse trabalho, justificado com base nas considerações acima citadas, se objetiva a promover orientação relacionada à estrutura organizacional, proteção radiológica, manejo das emergências radiológicas e das contaminações por compostos radioativos, no que tange às atividades associadas às práticas médicas.

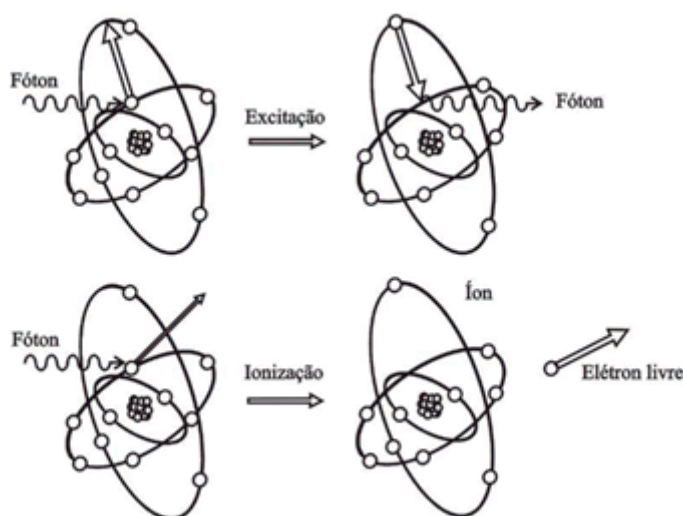
Como metodologia ao presente objeto, foi adotada a revisão bibliográfica narrativa que estabelece diretrizes de segurança e boas práticas associadas ao exercício das atividades que envolvam o risco de exposição à radiação ionizante e que estabelece as condutas relacionadas ao manejo das emergências radiológicas e contaminações por compostos radioativos.

## FUNDAMENTOS FÍSICOS DAS RADIAÇÕES IONIZANTES

Define-se radiação ao excesso de energia liberado por um átomo instável na busca de seu estado fundamental, que ao interagir com outros átomos, pode gerar estados atômicos excitados ou ionizados. A radiação não ionizante se caracteriza por gerar excitação atômica como resultado da interação com a matéria, já a radiação ionizante, se caracteriza por gerar ionização atômica como resultado da interação com a matéria (TAUHATA *et al.*, 2014).

A excitação atômica consiste no deslocamento transitório de um elétron de seu orbital, resultando a emissão de um fóton, quando a energia da radiação é inferior à energia de ligação eletrônica. Já, a ionização atômica consiste no deslocamento permanente de um elétron orbital, resultando a formação de um íon e um elétron livre, quando a energia da radiação é superior à energia de ligação eletrônica (Figura 01) (TAUHATA *et al.*, 2014).

Figura 01 - Representação dos estados energéticos instáveis gerados da interação física da radiação com a matéria.



Fonte: Tauhata *et al.*, 2014.

Referente à detecção da radiação ionizante, ela se dá por todo dispositivo que submetido a um campo de radiação seja capaz de indicar a sua presença direta ou indiretamente, devido aos processos físicos ou químicos de interação da radiação com o material que compõe o sensor. Sendo sua magnitude mensurada por grandezas de campo, que contabilizam o número de radiações por unidade de tempo ou secção de área, por grandezas dosimétricas, que associam a quantidade de energia transferida ou absorvida por unidade de massa, e por grandezas operacionais, que no aspecto de proteção radiológica, associam os efeitos deletérios provenientes da interação da radiação com o meio biológico, se destacando nesse caso, a dose equivalente e a dose efetiva (TAUHATA *et al.*, 2014).

A dose equivalente é proveniente da introdução de fatores de peso à grandeza dosimétrica dose absorvida, devido as diferenças na capacidade de ionização, penetração e, conseqüente dano biológico produzido pelas diferentes radiações, sendo sua unidade de medida internacional o Sievert (Sv), correspondendo a um Joule por quilograma. Já, a dose efetiva é proveniente da soma ponderada das doses equivalentes nos diferentes tecidos do corpo humano, refletindo o risco associado à dose (IAEA, 2022).

Quanto à interação da radiação ionizante com o meio biológico, ela se dá fundamentalmente a nível molecular, decorrente da quebra direta de moléculas orgânicas ou quebra indireta delas devido a formação de íons e radicais livres reativos, tal que esse dano está condicionado ao processo de reparo, mutação ou morte celular. E, seus efeitos radioinduzidos ao indivíduo podem ser classificados como estocásticos e determinísticos, em função da dose absorvida aos tecidos e resposta aos danos (TAUHATA *et al.*, 2014).

O efeito estocástico corresponde ao efeito que a probabilidade de ocorrência do dano biológico é proporcional à dose absorvida, sem a dependência de um limiar de dose. Já, o efeito determinístico corresponde ao efeito que a dose absorvida implica um grau de morte celular não compensado pelos

processos de reposição e reparo, se associando um limiar de dose, tal que a severidade do dano é proporcional à dose (IAEA, 2022).

## FUNDAMENTOS EM PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

Define-se proteção radiológica ao conjunto de princípios e ações que visam a prevenção do indivíduo e do ambiente dos detrimientos oriundos das irradiações ou contaminações radiológicas médicas, ocupacionais ou acidentais (TAUHATA *et al.*, 2014). Assim como ao conjunto de medidas legais, técnicas e administrativas que visam reduzir a exposição do indivíduo à radiação ionizante, a níveis tão baixos quanto razoavelmente exequíveis (CNEN, 2021).

Enfatizando as aplicações médicas, todo emprego da radiação ionizante para fins diagnósticos ou terapêuticos deve observar os princípios da justificação de seu uso, de modo que seu benefício seja superior ao detrimento, da otimização das técnicas no seu emprego, da limitação de dose e da prevenção de acidentes (BRASIL, 2022).

Para fins de limitação de dose, no aspecto da proteção radiológica, a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) estabelece o limite anual de dose efetiva de 20 mSv para o indivíduo ocupacionalmente exposto, considerando a média aritmética em 5 anos, desde que não exceda 50 mSv em qualquer ano, e de 1 mSv para o indivíduo do público, considerando que em circunstâncias especiais, a CNEN pode autorizar o limite de 5 mSv em um ano, desde que não exceda 1 mSv ao ano no período consecutivo de 5 anos (CNEN, 2014).

Os limites estabelecidos não se aplicam às exposições médicas de acompanhantes e voluntários que eventualmente assistem pacientes, fora do contexto de sua atividade profissional. Porém, devem ser restritos de forma que seja improvável a exposição desses acompanhantes ou voluntários à dose superior a 5mSv (CNEN, 2014).

Ainda, o indivíduo ocupacionalmente exposto com gravidez confirmada deve ser afastado das atividades com radiações ionizantes, devendo ser remanejado para atividade compatível com seu nível de formação (BRASIL, 2005).

Para fins de gerenciamento da proteção radiológica, o ambiente de trabalho que envolva o risco de exposição à radiação ionizante deve ser classificado como área controlada ou supervisionada, dispondo de sinalização com o símbolo internacional da presença de radiação ionizante e descrição do tipo de material, equipamento ou uso relacionado, e dispor de barreiras físicas de proteção radiológica e de controle de acesso, quando aplicável (CNEN, 2014).

Assume-se área controlada quando for necessária a adoção de medidas específicas de proteção e segurança para garantir que as exposições ocupacionais normais estejam em conformidade com os requisitos de otimização e limitação de dose, bem como prevenir ou reduzir a magnitude das exposições potenciais. E, assume-se área supervisionada quando, embora não requeira a adoção de medidas

específicas de proteção e segurança, devem ser feitas reavaliações regulares das condições de exposições ocupacionais, com o objetivo de determinar se a classificação continua adequada (CNEN, 2014).

## FUNDAMENTOS À CULTURA DE SEGURANÇA NO TRABALHO

Seja bem definido pela Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA) o conceito de cultura de segurança, como conjunto de características e atitudes em organizações e indivíduos que estabelece que assuntos relacionados à segurança recebam atenção necessária à sua relevância (IAEA, 2022).

Seja incidente, o evento súbito e inesperado que interfere na atividade normal do trabalho sem resultar em danos ao trabalhador, à propriedade ou ao meio ambiente, e seja acidente, o evento súbito e inesperado que interfere na atividade normal do trabalho e que pode resultar em danos ao trabalhador, à propriedade ou ao meio ambiente (BRASIL, 2005).

Considerando-se ainda, acidente ao desvio inesperado e substancial das condições normais de operação de uma instalação que possa resultar em danos à propriedade e ao meio ambiente ou em exposição de trabalhadores e de indivíduos do público acima dos limites primários de dose equivalente estabelecidos pelo órgão regulador, e qualquer evento não intencional, incluindo erros de operação e falhas de equipamento, cujas consequências reais ou potenciais são relevantes sob o ponto de vista de proteção radiológica ou segurança nuclear (CNEN, 2021).

A IAEA destaca que as principais causas de incidentes ou acidentes radiológicos ou nucleares estão associados às causas organizacionais e culturais, como a compreensão insuficiente da realidade operacional por parte dos líderes, supervisão inadequada, compreensão insuficiente das questões de segurança radiológica ou nuclear, aceitação e normalização das condições anormais de operação e falha em aprender com eventos anteriores (IAEA, 2016).

Com isso, toda instalação médica deve implementar estrutura organizacional que induza o desenvolvimento da cultura de segurança e de melhoria contínua da qualidade da estrutura, dos processos e dos resultados. Princípios que se traduzem em definição clara da cadeia hierárquica para a tomada de decisões e definição das responsabilidades de cada membro da equipe, adoção de normas, rotinas e procedimentos operacionais, tendo a proteção radiológica, a qualidade e a segurança como temas prioritários, e aprimoramento constante dos procedimentos radiológicos e em proteção radiológica como parte integrante das funções diárias de cada membro da equipe (BRASIL, 2022).

Referente a gestão de pessoas, toda instalação médica que opera com fonte de radiação deve possuir equipe multiprofissional dimensionada de acordo com seu perfil de demanda, designando-se formalmente um profissional legalmente habilitado para assumir a responsabilidade pelos procedimentos diagnósticos e terapêuticos disponibilizados pelo serviço, denominado responsável técnico, e um profissional legalmente habilitado para assumir a responsabilidade pelas ações relativas à proteção radiológica, denominado supervisor de proteção radiológica (BRASIL, 2022).

Ainda, toda instalação médica que opera com fonte de radiação deve implementar um programa de educação permanente para toda a equipe, devendo contemplar capacitações e treinamentos, teóricos e práticos, inicial e periódicos, com frequência mínima anual, e metodologia de avaliação de forma a demonstrar a eficácia das ações de capacitação e treinamento (BRASIL, 2022).

Referente a gestão de tecnologias, toda instalação médica que opera com fonte de radiação deve assegurar que todo equipamento seja operado apenas dentro das condições de uso estabelecidas nas normativas aplicáveis ou nas especificações dos fabricantes. Caso as condições de funcionamento de algum equipamento estejam em níveis de restrição, o responsável legal deverá suspender imediatamente a utilização do equipamento ou permitir o funcionamento temporário apenas para situações de urgência ou emergência, mediante parecer do responsável técnico e do supervisor de proteção radiológica, quando aplicável, e adotar imediatamente ações à adequação do equipamento (BRASIL, 2022).

Quanto às boas práticas de segurança relacionadas ao manejo de uma fonte de radiação e seu uso para fim diagnóstico ou terapêutico, se tem a utilização dos equipamentos de proteção individual e coletiva adequados e dos instrumentos de monitoração de radiação durante todo o expediente de trabalho, e sempre considerar os três parâmetros básicos de proteção radiológica, tempo, distância e blindagem (TAUHATA *et al.*, 2014).

Para manipulação de compostos radioativos, sempre considerar que o melhor processo de descontaminação consiste em evitar a contaminação, prezando por boas práticas de manipulação e respeitando as precauções usuais relacionadas à biossegurança e proteção radiológica (TAUHATA *et al.*, 2014).

Ainda, todas as possibilidades de incidente ou acidente devem ser analisadas antes de se iniciar uma atividade laboral que envolva o uso de uma fonte de radiação. No caso de acidente com perda de controle da situação, se deve acionar o serviço de proteção radiológica ou o serviço de emergência da instalação médica (TAUHATA *et al.*, 2014).

## **RESPOSTA A EMERGÊNCIAS RADIOLÓGICAS MÉDICAS**

Uma intervenção radiológica se justifica somente quando se espera atingir um benefício maior que o dano gerado, tendo em conta os fatores de saúde, sociais e econômicos (CNEN, 2014), e seus objetivos consistem em recuperar o controle da situação e mitigar as consequências, salvar vidas humanas, evitar ou minimizar efeitos determinísticos, prestar primeiros socorros e gerenciar o tratamento de lesões por radiação, reduzir o risco de efeitos estocásticos, e proteger na medida do possível a propriedade e o meio ambiente (IAEA, 2015).

Ainda, todo órgão de resposta à uma emergência radiológica deve garantir que nenhum indivíduo da equipe de intervenção esteja sujeito a uma exposição que possa dar origem a dose efetiva superior a 50 mSv, exceto para efetuar ações com a finalidade de salvar vidas humanas, prevenir efeitos determinísticos graves, prevenir o desenvolvimento de condições catastróficas que possam afetar



significativamente a sociedade e o meio ambiente, e para prevenir dose coletiva de alta magnitude (IAEA, 2015).

Ao início de uma intervenção, na presença de taxa de dose superior a 100  $\mu\text{Sv/h}$  a um metro de distância, devem ser feitos arranjos para controle de acesso e aplicação de restrições na área de isolamento, de acordo com as estratégias de proteção a seguir (IAEA, 2007).

Considerando o ambiente interno, na presença de radionuclídeo potencialmente perigoso, com perda da integridade física de seu embalado ou suspeita de derramamento, se deve considerar o isolamento da área afetada. Já, na presença de vapor radioativo com probabilidade de dispersão por sistema de ventilação, se deve considerar o isolamento da instalação médica (IAEA, 2007).

Considerando o ambiente externo, na presença de radionuclídeo potencialmente perigoso com perda da integridade física de seu embalado ou suspeita de derramamento, se deve considerar o isolamento da área com raio de 30 metros. Já, na presença de vapor radioativo com probabilidade de dispersão por fluxo de ar, se deve considerar o isolamento da área com raio de 300 metros (IAEA, 2007).

A presença de um indivíduo nessas áreas por curto período deve ser permitida se justificada e desde que ele esteja sujeito ao controle e avaliação de dose efetiva, seja instruído sobre medidas de proteção e informado sobre os riscos à saúde associados (IAEA, 2015).

O objetivo de uma resposta médica à uma emergência radiológica consiste em salvar vidas, realizar procedimentos médicos necessários, tratar lesões por radiação e tratar outras lesões resultantes. Ainda, a triagem médica deve ser determinada pelo estado clínico do paciente e por lesões convencionais, em sobreposição à exposição ou contaminação radiológica (IAEA, 2020).

Referente ao manejo da contaminação externa por um composto radioativo, se objetiva a reduzir sua absorção e deposição na superfície de contato, consistindo no processo de lavagem suave da superfície contaminada com solução fisiológica ou água morna, associada ou não ao uso de agentes descontaminantes com pH neutro. A água fria ou quente deve ser evitada devido ao aumento da permeabilidade do radionuclídeo para o interior dos poros da pele decorrente dos efeitos da temperatura da água (IAEA, 2020).

Na persistência de contaminação na pele íntegra, envolvê-la com material absorvente e filme plástico por até 2 horas, a fim de se estimular a transpiração, e após isso, repetir o processo de descontaminação. Já, em lesão de pele, quando aplicável, considerar desbridamento do tecido lesionado (IAEA, 2020).

Referente ao manejo da contaminação interna por um composto radioativo, fundamentalmente se objetiva a reduzir sua absorção e deposição nos tecidos ou órgãos e promover sua excreção a fim de se evitar sua retenção no organismo, consistindo no uso de agentes farmacológicos antagonistas à deposição do radionuclídeo e estímulo dos processos naturais de excreção (IAEA, 2020).

A desincorporação é a ação de processos fisiológicos, que podem ser facilitados ou potencializados por agentes químicos ou biológicos, por meio dos quais o radionuclídeo incorporado é

removido do organismo (IAEA, 2022). Os principais métodos de desincorporação incluem a lavagem gástrica e pulmonar, administração de agentes bloqueadores ou de diluição isotópica, saturando tecidos e processos metabólicos com um nuclídeo estável, e administração de agentes de troca iônica ou quelantes, os quais se agregam ao radionuclídeo, permitindo sua eliminação pelas vias excretoras (IAEA, 2020).

Quanto à gerência dos rejeitos radioativos, devem ser caracterizados e segregados em função de suas propriedades biológicas, físicas, químicas e radiológicas, se estabelecendo o tratamento adequado para posterior armazenamento ou descarte (IAEA, 2022).

## CONCLUSÃO

Quanto à estrutura organizacional, para toda instalação médica que opera com fonte de radiação, orienta-se a definição clara da cadeia hierárquica para a tomada de decisões, definição das responsabilidades de cada membro da equipe, e adoção de normas, rotinas e procedimentos operacionais, tendo a proteção radiológica, a qualidade e a segurança como temas prioritários. Devendo possuir equipe multiprofissional dimensionada de acordo com seu perfil de demanda, e devendo implementar um programa de educação permanente para toda a equipe.

Quanto à proteção radiológica, orienta-se que todo o emprego da radiação ionizante em um procedimento diagnóstico ou terapêutico deve observar os princípios da justificação de seu uso, de modo que seu benefício seja superior ao detrimento correspondente, da otimização das ações para execução desse procedimento, da limitação da dose de radiação e da prevenção de acidentes. Considerando-se sempre os três parâmetros básicos de proteção radiológica, tempo, distância e blindagem.

Quanto ao manejo das emergências radiológicas, orienta-se que sejam promovidos arranjos para controle de acesso e aplicação de restrições na área de isolamento, de acordo com as estratégias de proteção, e que sejam promovidas ações com objetivo de recuperar o controle da situação e mitigar as consequências, salvar vidas humanas, evitar ou minimizar efeitos determinísticos, prestar primeiros socorros e gerenciar o tratamento de lesões por radiação, reduzir o risco de efeitos estocásticos, e proteger na medida do possível a propriedade e o meio ambiente.

Quanto ao manejo da contaminação externa por um radionuclídeo, orienta-se a reduzir sua absorção e deposição na superfície de contato através do processo de lavagem. Já, ao manejo da contaminação interna, orienta-se a reduzir sua absorção e deposição nos tecidos ou órgãos e promover sua excreção, através do uso de agentes farmacológicos antagonistas à deposição do radionuclídeo nos tecidos ou órgãos e estímulo dos processos de excreção.



## REFERÊNCIAS

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Resolução RDC no 611, de 9 de março de 2022. Estabelece os requisitos sanitários para a organização e o funcionamento de serviços de radiologia diagnóstica ou intervencionista e regulamenta o controle das exposições médicas, ocupacionais e do público decorrentes do uso de tecnologias radiológicas diagnósticas ou intervencionistas. **Diário Oficial da União:** Brasília, DF, Seção 1, 16 de março de 2022.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Portaria no 485, de 11 de novembro de 2005. Aprova a Norma Regulamentadora no 32 (Segurança e Saúde no Trabalho em Estabelecimentos de Saúde). **Diário Oficial da União:** Brasília, DF, Seção 1, 16 de novembro de 2005.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Glossário do Setor Nuclear e Radiológico Brasileiro.** CNEN. Maio de 2021.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica.** CNEN. Março de 2014.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **IAEA Nuclear Safety and Security Glossary: Terminology Used in Nuclear Safety, Nuclear Security, Radiation Protection and Emergency Preparedness and Response.** Vienna: IAEA, 2022.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Medical Management of Radiation Injuries.** Vienna: IAEA, 2020.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Performing Safety Culture Self-Assessments.** Vienna: IAEA, 2016.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency: General Safety Requirements.** Vienna: IAEA, 2015.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Arrangements for Preparedness for a Nuclear or Radiological Emergency.** Vienna: IAEA, 2007.

TAUHATA *et al.* **Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos.** 10 ed. Rio de Janeiro: CNEN, 2014.